Terres humides du Canada

Terres humides du Canada est le premier traité sur l'écologie, la diversité et l'état des terres humides canadiennes. Cet ouvrage instruit le lecteur sur les origines et les fonctions de ces zones écologiques. Il l'amène à comprendre pourquoi leur conservation est cruciale la mosaïque environnementale du Canada.

Contrairement à un grand nombre d'écosystèmes, les terres humides se retrouvent partout dans le pays. Leur valeur est inégalée sur les plans biologique, hydrologique, écologique et socio-économique. Elles jouent souvent une part essentielle dans le gagne-pain d'un grand nombre de Canadiens et le maintien des vies végétale et animale.

Terres humides du Canada

par

Le Groupe de travail national sur les terres humides
Comité canadien de la classification écologique du territoire

1988

Direction du développement durable
Service canadien de la faune
Conservation et Protection
Environnement Canada

Série de la classification écologique du territoire, n° 24

93-00638/

Terres humides du Canada est la 24e publication de la Série de la classification écologique du territoire publiée par la Direction du Développement durable d'Environnement Canada. Cette série, entreprise en 1976, présente des normes, une terminologie, des exemples et des perspectives, à l'échelle nationale, dans le domaine des levés écologiques et de la classification des terres au Canada. Elle comprend également les rapports publiés par les divers groupes de travail nationaux du Comité canadien de la classification écologique du territoire.

Mention bibliographique

Groupe de travail national sur les terres humides. 1988. *Terres humides du Canada.* Série de la classification écologique du territoire, n° 24. Direction du Développement durable, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Ottawa, Ontario, et Polyscience Publications Inc., Montréal, Québec. 452 p.

Publiée par Polyscience Publications Inc. en coopération avec Environnement Canada et le Centre d'édition du gouvernement du Canada, Approvisionnements et Services Canada.

©Le Ministre, Approvisionnements et Services Canada – 1988.
N° de catalogue: EN73-3/24F
N° de ISBN: 0-921317-15-8

Réalisateur du *Terres humides du Canada*

C.D.A. Rubec

Conseillers à la version française

R.G. Hélie
P. Grondin

Comité de revue scientifique

C. Tarnocai
C.D.A. Rubec
F.C. Pollett
S.C. Zoltai

Responsables des chapitres

G.D. Adams, Environnement Canada (chapitre 5)
V. Glooschenko, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (chapitre 6)
W.A. Glooschenko, Environnement Canada (chapitre 9)
P. Lynch-Stewart, Environnement Canada (annexe I)
E.T. Oswald, Service canadien des forêts (chapitre 8)
C.D.A. Rubec, Environnement Canada (chapitre 10)
C. Tarnocai, Agriculture Canada (chapitre 2)
E.D. Wells, Service canadien des forêts (chapitre 7)
S.C. Zoltai, Service canadien des forêts (chapitres 1, 3, 4)

Production

Conception : Maruska Studios, Ottawa, Ontario
Traitement graphique : Carisse Graphic Design Ltd., Ottawa, Ontario, et Division du dessin, Conservation et Protection, Environnement Canada, Hull, Québec
Révision et correction d'épreuves : G. Déry, R. Tabacnik et J. Wilson, Words Associated Ltd., Chelsea, Québec
Composition et mise en page : Graph Comp Design Ltd., Ottawa, Ontario
Traitement de texte : Le personnel d'Environnement Canada
Traduction : Le Secrétariat d'État du Canada

Table des matières

Préface ix

Avant-propos xi

1 Milieux et classification des terres humides 1

Distribution des terres humides 4

Facteurs qui agissent sur le développement des terres humides 4

Évolution des terres humides depuis la déglaciation 7

Classification des terres humides 9

Régions de terres humides 16

Méthodologies 18

Sommaire 21

Bibliographie 23

2 Terres humides de l'Arctique canadien 27

Cadre naturel 30

Régions de terres humides de l'Arctique 33

Formes de terres humides de l'Arctique 36

Dynamique des terres humides de l'Arctique 47

Valeurs et conservation des terres humides de l'Arctique 50

Bibliographie 51

3 Terres humides subarctiques du Canada 55

Cadre naturel 58

Formes de terres humides du Subarctique 60

Évolution régionale des terres humides 85

Valeurs des terres humides du Subarctique 91

Bibliographie 93

4 Terres humides boréales du Canada 97

Cadre naturel 100

Régions de terres humides boréales et leur végétation 101

Formes de terres humides boréales 103

Évolution régionale des terres humides 139

Valeurs des terres humides boréales 148

Bibliographie 151

5 Terres humides des Prairies du Canada 155

Cadre naturel 158

Régions et sous-régions de terres humides des Prairies 161

Répartition et nombre de terres humides 162

Hydrologie des terres humides des Prairies 163

Classification des terres humides des Prairies 166

Évolution, formation et dynamique 180

Valeurs des terres humides des Prairies 187

Conservation des terres humides des Prairies 192

Bibliographie 194

6 Terres humides de l'Est tempéré du Canada **199**

Cadre naturel 203

Formes de terres humides de la région tempérée de l'Est 205

Dynamique des terres humides de la région tempérée de l'Est 224

Valeurs des terres humides de la région tempérée de l'Est 227

Complexes majeurs de terres humides de la région tempérée de l'Est 233

Pertes de terres humides 237

Initiatives de conservation des terres humides 238

Programmes d'évaluation des terres humides 240

Bibliographie 243

7 Terres humides atlantiques du Canada **249**

Cadre naturel 252

Régions de terres humides atlantiques 253

Tourbières atlantiques 254

Marais salés atlantiques 264

Marais atlantiques d'eau douce 282

Marécages atlantiques 286

Valeurs des terres humides atlantiques 287

Bibliographie 297

8 Terres humides pacifiques du Canada **305**

Cadre naturel 309

Formes et types de terres humides pacifiques 312

Dynamique des terres humides de la côte du Pacifique 338

Valeurs des terres humides pacifiques 342

Bibliographie 345

9 Marais salés du Canada 347

Cadre naturel 350

Marais salés du Canada 353

Importance écologique des marais salés 366

Pertes de marais salés dues aux activités humaines 369

Conclusions 369

Bibliographie 371

10 Utilisation des terres humides au Canada 379

La politique de conservation 383

La politique de conversion 389

Tendances de conversion de terres humides au Canada 398

Conclusions 406

Bibliographie 408

Annexe I Le Système de classification des terres humides du Canada 413

Annexe II Affiliations des auteurs 429

Glossaire 433

Index général 447

Préface

Réparties çà et là de par notre vaste pays, les terres humides font partie intégrante de la mosaïque écologique du Canada. Contrairement à la plupart des écosystèmes, les terres humides transcendent les frontières écologiques typiques. Elles abritent souvent une faune et une flore variées et ce, dans toutes les parties du pays : le long des littoraux, parsemées dans les prairies, les boisés et près des cours d'eau; en outre, elles donnent vie à de nombreux milieux du Nord et montagneux.

La fascinante variété de bogs, de fens, de marais et de marécages qu'on trouve au Canada constituent près du quart des ressources mondiales en terres humides. De nombreux Canadiens doivent leur gagne-pain à cette ressource internationale qui, par ailleurs, est essentielle aux diverses ressources naturelles qui y sont reliées. Par des politiques fédérales sur les terres, les eaux et les terres humides, et par des accords internationaux tels que le Plan nord-américain de gestion de la sauvagine, le Canada s'est engagé à conserver ce patrimoine national et, de fait, mondial que constituent les écosystèmes de terres humides.

Ce volume, Terres humides du Canada, *décrit de façon pratique et pour la première fois la variété, l'étendue et l'état des terres humides dans toutes les régions du Canada. Il présente aussi au lecteur les origines des terres humides, leurs fonctions et le rôle essentiel qu'elles jouent dans notre écologie, notre économie et notre société.*

L'honorable Tom McMillan, C.P.
Député de Hillsborough
Ministre de l'Environnement

Avant-propos

La longue préparation de Terres humides du Canada *s'est déroulée sous la présidence successive de deux personnes : Fred Pollett, président de 1976 à 1980 et Charles Tarnocai, président de 1981 à 1988. Leurs commentaires à tous deux sont présentés ici.*

Commentaires de l'ancien président

"Les bogs. Ces étranges terres humides nous ont toujours hantés. Vagues paysages lunaires composés de mousses qui ondoient sous nos pas. De leurs profondeurs saturées d'eau, ont émergé littéralement les corps de nos ancêtres et un panorama de leurs possessions, les uns et les autres préservés par les acides humiques . . ."

Voici ce que Louise Levathes écrivait dans un récent article intitulé "Mysteries of the Bog" publié dans le magazine *National Geographic*. Le lecteur est entraîné dans un monde de bogs en couverture et de fens côtelés par des anecdotes sur des cadavres préservés dans la tourbe et dont les empreintes digitales et les cheveux étaient demeurés intacts depuis des milliers d'années. Des terres humides comme les bogs, les fens, les marais et les marécages suscitent un intérêt particulier chez les archéologues, les biotechnologues, les poètes, les agriculteurs et une myriade de groupes et de personnes. Malgré cet intérêt généralisé, notre ignorance des écosystèmes des terres humides naturelles du Canada et des facteurs qui ont présidé à leur formation, garantit que de nombreux "mystères des bogs" continueront de hanter les futures générations de scientifiques et de poètes.

Avant les années 1970, il n'y avait pas eu d'étude systématique des terres humides du Canada. On avait réalisé de nombreuses études locales et régionales, mais on n'avait effectué que des estimations généralisées de la superficie totale des terres humides et de la quantité de tourbe au Canada. Ce n'est qu'après la formation du Groupe de travail national sur les terres humides (GTNTH) du Comité canadien de la classification écologique du territoire (CCCET) que cette situation a commencé à changer. Ce "comité" actif et en quelque sorte peu traditionnel, a connu, chose étrange, du succès à une époque où la bureaucratie pèse de tout son poids, comme le montrent les commentaires annexés de mon ami Charles Tarnocai, président actuel du GTNTH.

Le succès du GTNTH ne découle pas du désir effréné de mener des recherches et d'en publier les résultats, mais de la volonté de comprendre les problèmes courants auxquels chacun des scientifiques canadiens est confronté dans sa propre région. Je me souviens de ce groupe de scientifiques, debout dans un vaste fen côtelé dans la région éloignée de Gaff Topsails, à Terre-Neuve. Une correspondance antérieure sur ce type de terres humides avait déclenché un débat passionné sur la terminologie et la classification. Cependant, dans cette terre humide qui défiait la classification traditionnelle, le groupe en était arrivé à s'entendre à l'unanimité sur le type et la description. Depuis, le groupe s'est retrouvé dans des fens polygonaux concaves de

l'Arctique, dans des bogs en couverture des îles de la Reine-Charlotte, à la périphérie de kettles (marmites de géant ou cuvettes) des Prairies, dans des marais salés du Nouveau-Brunswick et dans des marécages du sud de l'Ontario. Grâce aux connaissances acquises sur les terres humides de toutes les parties du Canada, nous avons pu améliorer la classification des terres humides, dresser des cartes nationales et publier divers articles, qui font autorité, ainsi que le présent ouvrage.

Les informations que nous avons acquises sur les terres humides constituent une importante base de données écologiques qui apporteront une aide précieuse aux programmes régionaux et nationaux sur la conservation de terres humides. L'opportunité de notre démarche est importante parce que, de nos jours, les terres humides suscitent davantage d'intérêt comme terrains forestiers potentiellement productifs, terres agricoles de grande qualité, sites de nidification de la sauvagine, endroits convoités de loisirs et sites d'extraction de la sphaigne et de la tourbe combustible. En cette époque où nous avons pris conscience de la valeur de notre milieu ambiant, nous devons élaborer des programmes d'utilisation des terres qui tiennent réellement compte de la qualité de l'environnement.

Nous sommes dépositaires au Canada de terres humides comportant d'énormes ressources. On estime que les terres humides représentent 14 % de la superficie totale du Canada, soit quelque 1 270 000 km². Peu de personnes savent que dans le secteur des terres humides, le Canada est au deuxième rang mondial pour l'importance des tourbières, qui constituent l'un des principaux réservoirs d'eau dans l'hémisphère nord. Les tourbières agissent comme des mécanismes de retenue et d'alimentation pour une grande partie des réserves d'eau douce de l'Amérique du Nord. Ces tourbières utilisent également le bioxyde de carbone dans la production des plantes et l'accumulent dans leurs couches de tourbe. De nombreux scientifiques pensent également que ces tourbières agissent comme des égouts naturels qui absorbent le bioxyde de carbone ainsi que les polluants de l'atmosphère. On peut constater que les vastes terres humides du Canada sont au coeur de certaines des plus importantes préoccupations écologiques mondiales, comme les réserves d'eau douce, l'utilisation énergétique et la qualité de l'atmosphère.

Avant de devenir un spécialiste des questions environnementales et de me préoccuper de définitions et de termes précis, j'ai grandi à Terre-Neuve où les terres humides étaient souvent appelées : "marsh, mish, mesh, mash, bog ou swamp". Elles font partie de mon enfance—nous y allions pour cueillir des mûres blanches, des atocas, des airelles canneberges et quelques bleuets, ou nous les utilisions comme des sentiers pour nous rendre, au travers d'une forêt dense de sapins et d'épinettes, à nos endroits de pêche préférés. Les tourbières étaient des habitats très fréquentés par l'orignal, le caribou et le petit gibier. C'étaient des lieux où se reproduisaient les mouches noires et les moustiques, mais, dieu merci, des vents forts dispersaient ces bestioles—du moins la plupart du temps. On apprenait également que les tourbières renfermaient une flore particulière, composée notamment de nombreuses fleurs sauvages communes ou rares, et d'un groupe mystérieux de plantes carnivores, la plus étonnante étant la sarracénie pourpre, *Sarracenia purpurea*, l'emblème floral de Terre-Neuve.

Le temps était venu de découvrir les terres humides de Terre-Neuve. Maintenant, l'ouvrage intitulé *Terres humides du Canada* offre aux scientifiques et aux étudiants l'occasion de mieux comprendre la nature, la variété et l'étendue de nos terres humides. Il constitue le document de base auquel viendront s'ajouter des connaissances mises à jour dans de futures éditions. Cet ouvrage renforcera également dans une grande mesure le message national, énoncé par le Canada dans son rapport à la Conférence sur la stratégie mondiale de la conservation de 1986, et qui se lit comme suit : "les terres humides sont un élément primordial de la stratégie de conservation du Canada et les mesures de conserva-

tion des terres et des eaux" doivent en tenir compte. Cette stratégie ne portera fruit que si tous les paliers de gouvernement et le public unissent leurs efforts.

Nous devons remercier Environnement Canada et le Groupe de travail national sur les terres humides pour la publication de cet important document.

Fred Pollett
Président, 1976–1980
Groupe de travail national sur les terres humides

Commentaires du président actuel

Comme mon collègue, Fred Pollett, le faisait remarquer, les terres humides sont un élément caractéristique du paysage canadien. Cependant, il n'y pas eu de livre décrivant exhaustivement et uniformément toutes les terres humides du Canada. Fred a constaté cette lacune et a encouragé le GTNTH à préparer un tel ouvrage.

Le GTNTH remonte à 1970 quand le Comité national des terres forestières a formé le Sous-comité de la classification des terres organiques. Ce sous-comité avait pour but de créer un système de classification des terres organiques applicable à diverses utilisations des sols. Le sous-comité a oeuvré de 1970 à 1976, en 1973 il produisait un premier système de classification approximatif. Même si le Comité national des terres forestières était mis en veilleuse, le Sous-comité de classification des terres organiques demeurait actif. En 1976, lors de la création du Comité canadien de la classification écologique du territoire, plusieurs nouveaux groupes de travail ont été mis sur pied; un de ces groupes devait poursuivre et étendre les travaux sur les terres humides effectués par l'ancien Sous-comité de la classification des terres organiques. Ce groupe, maintenant appelé le Groupe de travail national sur les terres humides, travaille donc activement depuis plus de 18 ans.

Les membres du Groupe de travail ont été choisis en fonction de leur compétence, indépendamment de leur appartenance à une institution ou à une association scientifique. Depuis la création du Groupe, certains membres ont quitté et ont été remplacés par d'autres personnes très qualifiées, mais les buts sont demeurés inchangés. Le GTNTH agit grâce aux contributions volontaires et privées d'un grand nombre de particuliers et grâce à l'aide de nombreux organismes gouvernementaux fédéral, provinciaux, territoriaux et non gouvernementaux. Il bénéfice plus particulièrement de l'appui du Secrétariat du CCCET fourni par la Direction de la conservation des terres d'Environnement Canada. Tous les membres du GTNTH, qui comprend maintenant G.D. Adams, V. Glooschenko, W.A. Glooschenko, P. Grondin, H.E. Hirvonen, D.G. Keys, G.F. Mills, E.T. Oswald, C.D.A. Rubec, C. Selby, C. Tarnocai, E.D. Wells et S.C. Zoltai, ont contribué à la préparation des diverses parties de ce document, en donnant de leur temps et en faisant part de leurs connaissances. De nombreux autres scientifiques canadiens, experts en terres humides, ont contribué de précieuses informations et une expertise reconnue au plan national. Le GTNTH désire remercier toutes ces personnes ainsi que les nombreuses autres qui ont fait d'excellentes suggestions et ont revu d'un oeil critique les ébauches de chapitres ou de sections pendant l'exécution de ce travail.

Depuis 1977, le GTNTH a tenu des réunions annuelles et a mené des recherches sur le terrain dans diverses parties du Canada. C'est ainsi que les membres du groupe ont pu se familiariser avec la diversité des terres humides, participer au perfectionnement du Système de classification de ces dernières et planifier et terminer ce document, *Terres humides du Canada*, ainsi que des projets nationaux traitant des particularités régionales et de la distribution de ces milieux. Tout cela a permis aux membres d'approfondir leurs connaissances des conditions régionales et des problèmes propres aux diverses parties du Canada et d'élaborer l'approche utilisée dans ce livre. Les régions de terres

humides constituent le cadre écologique de sept chapitres. Tous les principaux éléments qui jouent un rôle dans la structure écologique de ces terres y sont représentés.

Ce document présente l'état actuel des connaissances sur les terres humides du Canada, offrant non seulement un tableau global de la situation nationale, mais aussi des informations régionales détaillées. Il faut noter, toutefois, que ces informations régionales ne sont pas toujours complètes parce qu'elles dépendent des informations scientifiques disponibles actuellement. En raison de l'approche suivie et de la diversité des régions et des disciplines représentées par les auteurs ont exigé il a fallu de nombreux compromis pour réduire les divergences et tenir compte des différents points de vue des auteurs.

Nous remercions particulièrement Fred Pollett puisque c'est sous sa présidence au GTNTH, de 1976 à 1980, que l'idée de préparer un tel document a été mise de l'avant. Son appui continu et ses conseils très pertinents ont été particulièrement précieux. Je tiens également à remercier la Direction de la conservation des terres d'Environnement Canada de son appui financier et technique et de sa participation à l'échelle nationale à la recherche sur les terres humides, sans quoi ce livre ne serait jamais paru. Nous remercions aussi Jean Thie, directeur, Direction de la conservation des terres, et Ed Wiken, chef, Division de la recherche écologique et des programmes intégrés pour leur appui. Il ne faut pas non plus oublier de remercier Clayton Rubec qui a coordonné la compilation, la rédaction, et la production de ce livre.

Nous remercions, finalement, Robert Hélie et Pierre Grondin pour leur contribution à la revue scientifique de cette version française.

Charles Tarnocai
Président, 1981–1988
Groupe de travail national sur les terres humides

1 Milieux et classification des terres humides

S.C. Zoltai

Milieux et classification des terres humides

Bourbiers, landes, muskeg, tourbières, terres humides . . . tous ces termes s'appliquent à des terres qui sont toujours ou presque toujours saturées d'eau. Elles ne sont pas des terres fermes au sens courant du terme ni des plans d'eau libre. Ces terres se situent à la frontière de la terre et de l'eau. Les écosystèmes qui apparaissent dans ces terres sont marqués par la présence persistante d'un excès d'eau. Les terres humides sont "des terres où la nappe phréatique est située près de la surface, à l'égalité ou au-dessus du sol ou bien des terres qui sont saturées d'eau assez longtemps pour que s'installent des processus caractéristiques des terres humides ou des milieux aquatiques et qui sont reconnaissables par la présence de sols hydriques, de végétation hydrophile et de différentes formes d'activité biologique adaptées aux milieux humides" (Tarnocai, 1980).

Ainsi définies, les terres humides comprennent les sols hydromorphes dont la production de matières végétales est parfois supérieure au taux de décomposition. Les restes accumulés de ces végétaux, courants dans beaucoup de terres humides donnent de la tourbe, formant souvent de vastes tourbières. Cependant, les terres humides ne sont pas toutes des tourbières. Dans certaines circonstances, la tourbe peut ne pas se former ou se maintenir, à cause de facteurs climatiques, édaphiques, hydrologiques ou biotiques. Au Canada, on a déterminé, par des critères écologiques et d'utilisation des terres, qu'il fallait une épaisseur d'au moins 40 cm de tourbe pour qu'une terre humide soit qualifiée de tourbière (Zoltai *et al.*, 1975). Les plans d'eau libre peu profonde, généralement de moins de 2 m, sont rangés avec les terres humides. Les secteurs périodiquement inondés sont des terres humides seulement s'ils sont saturés d'eau pendant toute l'évolution de l'écosystème.

Les terres humides recouvrent de vastes étendues dans plusieurs parties du pays. Pendant de longues années, on a considéré ces tourbières comme des obstacles au progrès. "Elles sont là, comme une lèpre étalée sur la face du Canada . . . Elles avalent les routes et les voies ferrées, rongent les fondements des constructions et des pistes d'aviation, effacent la moindre marque laissée par l'homme" (Alderman, 1965). Ces dernières années, cependant, de nouvelles études ont montré que les terres humides sont des lieux privilégiés qui soutiennent l'existence d'une innombrable sauvagine (Hochbaum, 1983), accumulent et libèrent lentement d'énormes volumes d'eau (Ingram, 1983), créent d'importantes réserves d'énergie sous forme de tourbe (Tarnocai, 1984) et, lorsque drainées, deviennent des régions agricoles extrêmement productives. On y voit plutôt un sanctuaire de la beauté où poussent des orchidées aux coloris variés et des plantes uniques et hautement spécialisées.

Distribution des terres humides

Les terres humides se trouvent en beaucoup d'endroits du monde, mais surtout aux latitudes moyennes (entre 45° N et 75° N) et dans les régions équatoriales (Gore, 1983). Les seules tourbières couvrent 83 millions ha du territoire de l'URSS sans compter les autres terres humides (Botch et Masing, 1983); Kivinen et Pakarinen (1981) estiment que les terres humides en couvrent jusqu'à 150 millions ha. Au Royaume-Uni, 8.6 % de la superficie est couvert de tourbe, soit quelque 2.7 millions ha (Taylor, 1983). La tourbe couvre environ 30 % du territoire de la Finlande, soit 10.4 millions ha. La Suède compte environ 7 millions ha de tourbières, environ 17 % du territoire, tandis que la Norvège est couverte de tourbe à 9.4 % (3 millions ha) (Kivinen et Pakarinen, 1981). Bon nombre de ces terres humides ont été modifiées par l'homme qui exploite la tourbe dans certaines et drainent d'autres à des fins agricoles ou forestières.

On n'a pas d'idée précise de la superficie couverte par les terres humides au Canada. Certaines provinces ont fait le relevé des tourbières; c'est le cas au Nouveau-Brunswick (Keys *et al.*, 1983) et en Terre-Neuve (Wells *et al.*, 1983). D'autres provinces sont encore à l'étape des relevés ou de la planification. Les cartes des ressources constituent d'autres sources d'information (cartes biophysiques, des sols, de la couverture forestière et des formations superficielles); elles ont été dressées pour une bonne partie du pays (Tarnocai, 1983). Néanmoins, on ne possède que des données estimatives sur la distribution des terres humides dans de grandes parties du Canada, et cela grâce aux gestionnaires de ressources qui connaissent bien ces secteurs. À partir de ces informations de valeur inégale, le Groupe de travail national sur les terres humides (1960a) a dressé une carte qui représente la distribution générale des terres humides au Canada (voir à l'endos de la page couverture avant).

Selon les estimations les plus récentes, les terres humides couvrent 14 % de la superficie du territoire canadien, soit 127.2 millions ha (tableau 1–1). La plus forte concentration de ces terres se trouve dans les provinces centrales de l'Ontario et du Manitoba et la plus faible, dans le Grand Nord et dans les régions montagneuses (voir à l'endos de la page couverture avant). On estime à 111.3 millions ha (tableau 1–1) la superficie couverte de tourbières. On a calculé le volume total de tourbe à partir de l'épaisseur moyenne connue de tourbe dans différentes parties du pays. Ce résultat est de l'ordre de 3 billions m^3 pour l'ensemble du pays. On estime à 507 milliards de tonnes le poids de cette tourbe dont la teneur en eau est de 50 % (Tarnocai, 1984).

Facteurs qui agissent sur le développement des terres humides

Le climat et le relief sont les principaux facteurs qui déterminent indépendamment ou en synergie la distribution des terres humides au Canada. Le climat détermine le volume de l'apport d'eau des précipitations dans les différentes parties du pays. L'énergie reçue intervient largement dans le sort ultime de l'eau de précipitation, par évapotranspiration. Plus le rayonnement incident est faible, moins il y a d'évapotranspiration et plus il y a d'eau qui reste au sol. En même temps, les bas niveaux d'énergie peuvent ralentir le taux de croissance de la végétation sur les terres humides. Les terres humides peuvent modifier leur propre climat local puisque une bonne partie de la chaleur obtenue par rayonnement et convexion sert à l'évapotranspiration de l'humidité en excès plutôt qu'au réchauffement du sol (Williams, 1968). De faibles apports d'énergie sont associés à la création du

Tableau 1–1. Fréquence d'apparition des terres humides et des tourbières dans les provinces et les territoires du Canada

Province ou territoire	Superficie de tourbières		Superficie totale de terres humides	
	ha × 10^3	% de la superficie de la province ou du territoire	ha × 10^3	% de la superficie de la province ou du territoire
Alberta	12 673	20	13 704	21
Colombie-Britannique	1 289	1	3 120	3
Manitoba	20 664	38	22 470	41
Nouveau-Brunswick	120	2	544	8
Terre-Neuve – Labrador	6 429	17	6 792	18
Territoires du Nord-Ouest	25 111	8	27 794	9
Nouvelle-Écosse	158	3	177	3
Ontario	22 555	25	29 241	33
Île-du-Prince-Édouard	8	1	9	1
Québec	11 713	9	12 151	9
Saskatchewan	9 309	16	9 687	17
Territoire du Yukon	1 298	3	1 510	3
Canada	111 327	12	127 199	14

Sources : Groupe de travail national sur les terres humides (1986a); Tarnocai (1984).

pergélisol : de petites inclusions de pergélisol sont trouvées dans la tourbe dont la température annuelle moyenne se situe entre 0 et −1° C (Dionne, 1984).

Le relief exerce son influence sur la distribution des eaux en excès, donc sur l'emplacement des terres humides. Dans les grandes plaines plates formées de sols à texture fine, le drainage, souterrain ou superficiel, est lent, ce qui est à l'origine d'une accumulation d'eau. Dans les terres onduleuses, des terres humides peuvent se former au creux des petites dépressions mal drainées. Il est rare que des terres humides se forment sur un terrain en pente où le drainage superficiel est rapide. Exceptions notables, les régions océaniques très arrosées comptent des terres humides même sur des pentes raides.

Dans certaines régions, la présence de terres humides dépend d'une alimentation externe en eau. Dans les plaines d'inondation ou dans les milieux côtiers, le sol peut être saturé par suite d'inondations au point que des terres humides commencent à s'y former. Dans les régions fraîches où il y a peu de pluie, les terres humides se forment généralement que dans les dépressions qui recueillent l'eau des pentes environnantes ou l'eau qui provient de l'amont du bassin versant. L'émergence d'eaux souterraines constitue une autre source externe. Dans ce cas, une alimentation soutenue en eau de source peut faire naître et entretenir des terres humides même sur un terrain en pente. De la même façon, les congères à la fonte tardive constituent dans l'Arctique une source d'eau qui alimente des terres humides sur les pentes inférieures.

En plus du climat et du relief, les caractéristiques physiques et minéralogiques des matériaux en surface influencent le développement des terres humides. La texture détermine la perméabilité du sol et ainsi, la proportion d'eau qui peut s'infiltrer dans le sol. Des matériaux denses comme que l'assise rocheuse dure et les sols à texture fine ne permettent qu'une pénétration minime d'eau, alors la majeure partie de l'eau des précipitations reste en surface. De plus, les matériaux denses et durs résistent à l'érosion et au creusement de réseaux de drainage intégrés. Dans ces matériaux denses, des dépressions non drainées peuvent se transformer en terres humides.

La composition minéralogique du substrat rocheux et des matériaux du sol agit sur la qualité de l'eau drainée. Ainsi, l'eau provenant de milieux naturellement pauvres en éléments nutritifs est pauvre en beaucoup d'éléments; il s'ensuit que les terres humides approvisionnées par cette eau vont supporter une végétation qui peut se tirer d'affaire avec de faibles teneurs en éléments nutritifs. À l'inverse, quand les sols ou le substrat sont riches en éléments nutritifs, l'eau superficielle contient divers éléments en abondance. Les données sur la qualité de l'eau dans deux rivières illustrent bien ce point (tableau 1–2). Dans le nord de la Saskatchewan, la rivière Haultain draine une région au substrat granitique précambrien couvert de minces formations discontinues dérivées des matériaux granitiques. Dans la partie sud de la Saskatchewan, la rivière Qu'Appelle draine une région assise sur des grès et des schistes argileux du crétacé supérieur (Douglas *et al.*, 1970), couverts de matériaux dérivés en bonne partie de ce substrat. La Qu'Appelle transporte des eaux très riches en éléments nutritifs, arrachés par lixiviation au sol et au substrat. Les terres humides qui se forment dans ces milieux reflètent la pauvreté ou la richesse des eaux qui les alimentent.

La subordination des terres humides au climat et au relief apparaît clairement à l'examen de la distribution des terres humides au Canada. Leur plus grande concentration forme une bande à travers le nord de l'Ontario, le centre du Manitoba et de la Saskatchewan, le nord de l'Alberta et la vallée du Mackenzie (voir l'endos de la page couverture avant). Cette région a un climat frais avec des hivers très froids (température moyenne de janvier de −20 à −29°C) et des étés frais (température moyenne de juillet de 15 à 17°C); la moyenne des précipitations annuelles est plutôt basse (400–500 mm); ces conditions favorisent la formation de terres humides. À l'intérieur de cette bande, la plus forte concentration de terres humides se trouve dans les terres au relief bas, par exemple, les basses terres de la baie d'Hudson et en bordure du lac Winnipeg. Le secteur abritant peu de terres humides, au sud du lac Athabasca, repose au contraire sur du sable sus-jacent à une substrat de grès, il est donc bien drainé.

Tableau 1–2. Qualité de l'eau dans deux rivières de la Saskatchewan qui drainent des régions minéralogiquement différentes

Éléments nutritifs	*Rivière Haultain (56°15' N, 106°34' O) Débit moyen: 12.2 m³/sec*	*Rivière Qu'Appelle, à Tantallon (50°30' N, 102°15' O) Débit moyen: 12.3 m³/sec*
Conductivité spécifique	26 µS/cm	1 390 µS/cm
Alcalinité totale ($CaCO_3$)	11 mg/L	279 mg/L
pH	5.9–8.0	7.8–8.9
Ca dissous	1.3 mg/L	88.0 mg/L
K dissous	0.6 mg/L	13.8 mg/L
Na dissous	1.3 mg/L	191.0 mg/L
C organique total	6.2 mg/L	17.3 mg/L
N total	0.5 mg/L	1.2 mg/L
P total	0.011 mg/L	0.190 mg/L

Sources : Direction générale des eaux intérieures (1977); Direction des eaux intérieures (1970).

Il y a d'autres concentrations de terres humides dans les milieux copieusement arrosés de pluie des côtes du Pacifique et de l'Atlantique. Sur la côte de la Colombie-Britannique, les précipitations annuelles moyennes dépassent 1 950 mm (tableau 1–3), ce qui suffit à la formation de terres humides même en pente raide. Sur la côte est de Terre-Neuve, il y a aussi une concentration de terres humides. D'abondantes précipitations (1 300 mm l'an) permettent la formation de grandes étendues de terres humides, dont certaines en pente, qui recouvrent le paysage. Les moraines mamelonnées des provinces de l'Ouest abritent un nombre incalculable de dépressions dont grand nombre se sont transformées en terres humides pour couvrir peut-être de 15 % à 20 % de la superficie de cette partie du pays. Ces dépressions se remplissent d'eau au printemps, mais peuvent s'assécher durant l'été. La végétation à l'origine de la tourbe ne peut pas survivre dans ces conditions et la plupart des dépressions contiennent des eaux peu profondes entourées d'une bordure fangeuse.

C'est dans le secteur de la Cordillère, dans l'ouest du pays, et dans l'Arctique qu'il y a le moins de terres humides. Dans les terres montagneuses, les pentes rocheuses empêchent la formation de terres humides. Dans l'Arctique, le régime thermique et celui des précipitations sont très bas (la température moyenne en juillet est de 5 à 9°C, les précipitations annuelles moyennes sont de 200 mm). Très peu des plantes à l'origine de la tourbe peuvent survivre dans ces conditions extrêmes, même dans les dépressions abritées.

En tout endroit donné, le développement des terres humides est influencé, même déterminé, par plusieurs facteurs biotiques et abiotiques interactifs. Des éléments abiotiques comme l'hydrologie (quantité et qualité au cours des variations cycliques), le matériel du sol (souvent de la tourbe), la micro- et la macro-

Tableau 1–3. Température quotidienne moyenne et précipitations moyennes dans les régions de terres humides du Canada

Région de terres humides	*Temp. quot. moy. janvier (°C)*	*Temp. quot. moy. juillet (°C)*	*Précipitations totales annuelles moy. (cm)*	*Neiges annuelles moy. (cm)*
Haut-Arctique	−33	5	10	70
Arctique moyen	−29	7	20	110
Bas-Arctique	−29	9	15	80
Haut-Subarctique	−29	13	35	190
Bas-Subarctique	−29	15	50	310
Subarctique atlantique	−5 à −15	12–15	85–130	270–460
Haut-Boréal	−23 à −25	13–16	40–70	160–260
Boréal moyen	−20	17–19	50–80	120–280
Bas-Boréal	−13	18	95	250
Boréal atlantique	−5 à −20	13–18	95–135	190–450
Prairies continentales	−15 à −18	18–19	35–45	110–120
Prairies d'intermontagnes	−7	19	35	120
Tempérée de l'Est	−9	20	95	210
Tempérée pacifique	3	16	155	70
Océanique atlantique	−3	14	135	190
Océanique pacifique	2 à 3	14	195–305	110
Montagnes côtières	−4 à −19	13–17	30–105	130–270
Montagnes intérieures	−8 à −27	13–18	30–50	120–250
Montagnes Rocheuses	−13 à −28	14–15	34–55	155–250
Montagnes de l'Est	−23	12	70	370

Source : Groupe de travail national sur les terres humides (1986b).

topographie (le relief, le climat local et le pergélisol dans les régions nordiques) se combinent pour former des écosystèmes de terres humides avec leurs communautés végétales et animales. Ces interactions se développent dans le temps et se manifestent à l'intérieur de paramètres climatiques donnés (Zoltai et Tarnocai, 1976). Chacun des éléments biotiques et abiotiques influence les autres et en subit l'influence (figure 1–1). Les variations climatiques peuvent bouleverser et modifier les écosystèmes. Hormis des interférences extérieures de portée catastrophique (par exemple, des changements climatiques, des incendies, la dérivation d'eau), les écosystèmes des terres humides sont généralement stables et s'adaptent graduellement aux changements de leur milieu occasionnés par le développement de terres humides. Même les écosystèmes des marais des Prairies, qui sont sujets aux variations saisonnières et annuelles des précipitations, manifestent une stabilité à long terme.

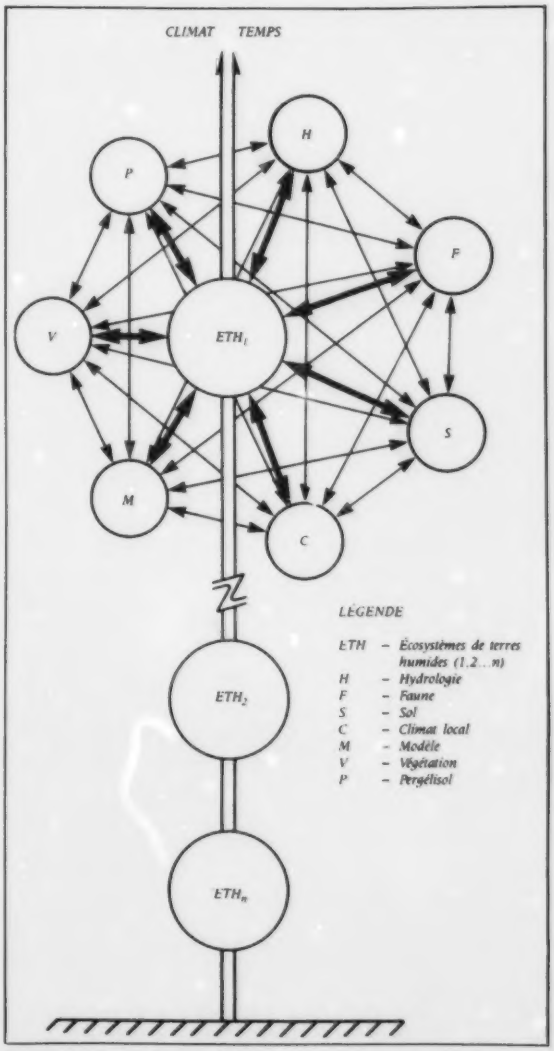
La période d'adaptation aux changements est un facteur de grande importance, particulièrement dans les tourbières. Des changements constants, amorcés par une accumulation de tourbe, font partie de l'évolution naturelle des tourbières. L'écosystème en place dans toute terre humide n'est que le dernier stade accompli d'une série d'écosystèmes qui ont participé à la formation et à l'évolution de la terre humide jusqu'à sa forme.

Évolution des terres humides depuis la déglaciation

Au Canada, la période de temps qui se prête à la formation d'une terre humide est déterminé par la disparition de la glace d'origine glaciaire. Au cours du pléistocène, les glaciers couvraient la majeure partie du Canada. Seulement 3 % environ de la superficie a échappé aux glaces, soit une partie du nord-ouest du Yukon et une petite partie du sud des provinces de l'Ouest (Prest, 1970). Le sommet de quelques montagnes, de petites parties de l'archipel Arctique et des nunataks sur la côte ouest ont échappé également à la glaciation. Il y a eu quatre épisodes glaciaires entrecoupés d'intervalles interglaciaires. Au cours du plus récent, la glaciation de la fin-Wisconsin, les glaces ont couvert presque l'ensemble du pays, sauf les régions pré-citées et la glaciation a atteint son apogée il y a 17 000 ou 18 000 ans avant note ère (ANE). Le territoire du Canada a commencé à se dégager il y a environ 13 000 ans ANE. Il y a environ 6 000 ans ANE, les glaciers s'étaient pratiquement retirés, ne laissant que des restes dans l'Arctique et la Cordillère.

Toutes les régions d'où la glace s'est retirée ne se prêtaient pas immédiatement à une colonisation végétale. De grands lacs se sont formés devant les glaciers qui se retiraient. Nombre de terres côtières, qui avaient été enfoncées par la glace, demeuraient submergées. Le drainage des moraines de fond n'a eu lieu que lorsque les rivières avaient creusé leur lit créant ainsi un réseau efficace de drainage. Donc les terres humides ne se sont pas toujours formées immédiatement après la disparition des glaces il y a 8 000 à 13 000 ans, car les lacs glaciaires et les plans d'eaux d'inondation de la mer ont persisté pendant des milliers d'années.

Le changement climatique qui a mis un terme au pléistocène à été rapide, comme en font foi les études sur le pollen (Wright, 1964). Le climat est devenu plus chaud et plus sec qu'il ne l'est aujourd'hui ("période



Source : Zoltai et Tarnocai (1976).

Figure 1–1.

Diagramme des interactions dans le temps et avec les changements climatiques entre des paramètres environnementaux et les écosystèmes des terres humides.

hypsithermique"). Ce changement a eu lieu à des époques légèrement différentes dans les divers milieux, il y a 8 000 à 9 000 ans (Hebda, 1983; Webb *et al.*, 1983; Ritchie, 1976; Ritchie *et al.*, 1983; Blake, 1972); et il a pris fin il y a 4 000 à 5 000 ans quand le climat s'est fixé aux niveaux actuels de précipitations et de température. Nombre d'études de pollen et de bois échoué confirment cette évolution et indiquent qu'il a fait plus chaud et plus sec au cours de la période climatique optimale.

Par suite du retrait des glaces, la formation des terres humides aurait pu commencer dès que des plantes de terres humides envahissaient des habitats appropriés. Mais on a découvert que plusieurs centaines, voire plusieurs milliers, d'années se sont passées entre le retrait des glaces et le commencement de la formation de la tourbe. La datation au radiocarbone indique que les plus vieux spécimens sont des sédiments lacustres; il peut y avoir 3 000 ans d'écart entre l'âge basal des dépôts lacustres et celui de la tourbe dans un même secteur (Webb *et al.*, 1983). On a observé cet écart dans toutes les parties du Canada où il y eu datation de la couche de base de la tourbe (Dionne, 1979; Nichols, 1967; Tarnocai, 1978; Terasmae, 1963, 1970). On s'explique mal ce décalage. Peut-être qu'à la fin de la glaciation le climat ne se prêtait pas à la formation de terres humides ou que les plantes ont migré lentement ou qu'il y avait une relation plus complexe entre les communautés qui colonisaient les terres humides et celles à l'origine de la tourbe.

Dans le bassin du lac glaciaire Agassiz, l'accumulation de tourbe a été retardée encore plus. Au moment de son extension maximale, le lac Agassiz occupait le sud et le centre du Manitoba et le nord-ouest de l'Ontario et se prolongeait en Saskatchewan et vers le sud au Minnesota et au Dakota du Nord. La tourbe a commencé à s'y former il y a 4 000 ans dans la partie méridionale du bassin (Wright et Glaser, 1983) et il y a environ 5 000 ans dans la partie centrale. Griffin (1977) a découvert une couche de tourbe de 3 m d'épaisseur dans un profil de sol de prairie; la base de la couche a été datée à 3 170 ans. L'interprétation proposée est la suivante : une végétation de prairie ou encore une végétation de prairie humide a occupé les terres humides après le drainage du lac Agassiz lors de la période hypsithermique; la tourbe aurait commencé à se former seulement après que le climat s'était rafraîchi et était devenu plus humide. Il s'en forme toujours.

Un effet contraire du climat postglaciaire chaud se voit dans l'Arctique où la tourbe se forme actuellement à un rythme très lent. Sur des polygones à centre convexe, inactifs et en érosion, l'âge de la tourbe, basale ou superficielle varie de 5 600 à 10 000 années (Zoltai et Tarnocai, 1973). On peut interpréter cela de la façon suivante : le climat postglaciaire plus chaud a créé de bonnes conditions pour la formation de tourbe, mais le retour au climat actuel, plus frais, a limité toute nouvelle accumulation de tourbe aux emplacements favorables et protégés.

On considère les systèmes de terres humides primaires quand ils se forment dans des bassins ou des dépressions (Moore et Bellamy, 1974). Les systèmes secondaires se trouvent là où la tourbe déborde les limites physiques de la dépression et agit comme réservoir pour l'eau excédentaire. Les systèmes tertiaires se trouvent là où la tourbe se forme au-dessus de la limite physique de l'eau souterraine; ils ont une nappe phréatique suspendue. Si l'on considère la glaciation comme le moment zéro, toutes les terres humides étaient initialement des systèmes primaires. Grâce à des facteurs climatiques et environnementaux favorables, certains de ces systèmes ont progressé vers des systèmes secondaires et parfois même tertiaires. L'étape ultime d'évolution est inconnue puisque les systèmes actuels de terres humides n'ont que 8 000 ans au Canada et que dans la plupart de ces terres, la tourbe s'accumule toujours.

Plusieurs processus entrent en jeu dans la formation des terres humides. On voit souvent le processus par lequel ces terres s'établissent dans des milieux à la nappe phréatique élevée. Une accumulation progressive de tourbe peut éventuellement transformer ces terres humides en tourbières. Il y a comblement quand une dépression, occupée par un lac ou un étang, est d'abord remplie par des sédiments lacustres (déchets organiques ou marne inorganique) et est ensuite envahie par une végétation propre à former de la tourbe comme on en trouve dans les fens ou les bogs (Wells et Pollett, 1983). Il y a paludification quand les dépôts de tourbe envahissent des terres qui étaient bien irriguées. Ce phénomène peut se produire quand la nappe phréatique s'élève lentement lors de l'accumulation de tourbe dans une dépression, ce qui conduit à une expansion des tourbières en périphérie. Un autre processus, la production primaire de tourbe, a lieu quand des plantes propres à former de la tourbe prennent racine sur un sol humide, mais non détrempé (Sjörs, 1976). Ce mécanisme a lieu dans les régions soumises à un régime climatique de précipitations abondantes, mais d'évaporation réduite.

L'étude de la stratigraphie des dépôts dans des terres humides indique que leur formation est lente et graduelle. L'étude des macrofossiles montre la composition des communautés végétales à diverses époques de la formation des terres humides. En comparant les communautés des fossiles aux communautés actuelles, on obtient une idée des conditions qui prévalaient à diverses périodes pendant l'évolution des terres humides. La datation au radiocarbone ou l'établissement de la chronologie des cendres volcaniques permettent aussi de reconstituer les différentes étapes du développement avec assez de certitude (Zoltai et Johnson, 1985).

Classification des terres humides

L'objectif de toute classification est de regrouper des choses semblables en unités définissables et caractérisables. On regroupe facilement les choses simples en unités homogènes. Il est plus difficile de regrouper les choses complexes qui peuvent se ressembler à certains égards et différer à d'autres égards. Avec des sujets complexes, on n'obtient l'homogénéité des groupes qu'à un niveau détaillé de classification. Les terres humides sont des écosystèmes dynamiques complexes, qui se prêtent mal à la classification. Il est donc très important d'adopter une terminologie standard pour faciliter les échanges interdisciplinaires.

Au fil des ans, on a tenté d'établir nombre de clés de classification à partir de différentes caractéristiques. Certaines classifications répondent aux besoins particuliers d'une discipline donnée, d'autres caractérisent les terres humides d'un secteur géographique particulier. On n'est pas arrivé à établir un système universel de classification à cause de la diversité des utilisateurs et des variations régionales. Suit un aperçu de quelques principes fondamentaux de classification des terres humides; il est accompagné d'un examen un peu plus détaillé des classifications utilisées en Amérique du Nord.

Un des plus anciens systèmes de classification reposait sur la forme des tourbières : les tourbières hautes ("Hochmoor") et les tourbières basses ("Niedermoor"). Ce système a été graduellement modifié pour permettre de différencier les diverses sortes d'Hochmoor (Osvald, 1925), selon des variations régionales de forme ou de couverture d'arbres. Cependant, ce système de classification mis au point en Europe septentrionale est conçu pour un climat frais et océanique et ne s'applique qu'à des terres qui ont des conditions climatiques similaires.

La chimie de l'eau dans les terres humides est à la base d'un autre système de classification. On s'est aperçu que les propriétés chimiques de l'eau souterraine associée aux types généraux de fondrières étaient nettement différentes (Du Rietz, 1949). À partir de cette observation, on a établi un système de classification fondé sur la chimie et l'origine supposée de l'eau. On a introduit les notions d'oligotrophie et d'eutrophie pour indiquer l'abondance en éléments nutritifs ainsi que divers termes comme "ombrotrophe" (alimentée par les pluies) et "minérotrophe" (enrichie en minéraux) (Du Rietz, 1954) pour indiquer la teneur en éléments nutritifs de l'eau souterraine. La salinité de l'eau dans les terres humides des Prairies a donné lieu à une autre classification (Stewart et Kantrud, 1972; Cowardin *et al.*, 1979).

Sjörs (1950, 1961, 1963, 1969) a développé les idées avancées par Du Rietz (1954). Il a déterminé les caractéristiques chimiques qui différencient les bogs des fens et il a divisé ces derniers en trois classes : pauvres, intermédiaires et riches. Il a caractérisé chaque classe selon la chimie de l'eau et les associations végétales. Gauthier (1980) a distingué entre les bogs ombrotrophes, les fens très pauvres, les fens modérément pauvres, les fens intermédiaires et les fens modérément riches à partir de la chimie de l'eau et des indicateurs végétaux. Couillard (1978), Grondin et Ouzilleau (1980), Wells (1981), Rainville (1983), Gerardin *et al.* (1984), Lebel (1986) et Foster et King (1984) ont appliqué ces classes et les ont élaborées.

Sjörs (1961, 1963, 1969) a signalé l'importance de la micro-topographie des tourbières dont les éléments indiquent des variations d'habitats, notamment du régime hygrométrique et souvent de la chimie de l'eau. Il a établi un système de classification fondé en partie sur les microhabitats comme les tertres, crêtes, dépressions ("flarks") et gazons. Beaucoup d'autres auteurs, notamment Couillard et Grondin (1986), utilisent ces termes avec de légères nuances.

La classification des systèmes de fondrières se faisait selon le caractère hydrologique des eaux associées aux fondrières. Les systèmes de fondrières "d'eaux courantes" se forment où il y a des eaux souterraines en mouvement; les systèmes de tourbières "ombrophiles" se forment où il y a des eaux souterraines immobiles; les systèmes de tourbières "transitoires" sont trouvés soit dans les systèmes d'eaux courantes mal alimentés, soit où la fondrière est en train de passer d'un système d'eaux courantes à un système ombrophile (Kulczynski, 1949). Ces types hydrologiques de fondrières ont des différences notables quant à la teneur en ions de leurs eaux (Moore et Bellamy, 1974). La combinaison de la source d'alimentation en eau et de la configuration du bassin constitue la base d'un autre système de classification résumée par Damman (1986) : (1) "limnogène" (source d'eau : plans d'eau, étangs ou cours d'eau, précipitations); (2) "topogène" (source d'eau : ruissellement et précipitations; topographie : dépression); (3) "ombrogène" (source d'eau : précipitations); et (4) "soligène" (source de l'eau : drainage et précipitations; topographie : en pente).

L'étude des éléments floristiques des terres humides a aussi conduit à la découverte de communautés végétales qui poussent sur différents types de terres humides (Tansley, 1911). Les systèmes de classification se sont fortement structurés autour de principes de phytosociologie et se servaient de la fréquence d'apparition, de la dominance et de la fidélité de différentes espèces pour identifier des groupements précis de plantes associés aux terres humides. Au Canada, Gauthier et Grandtner (1975) ont appliqué ce système. Un système apparenté a permis de classer les terres humides à partir de la morphologie de la principale couche de végétation (Botch et Masing, 1983). On obtient ainsi des fondrières boisées, arbustives ou à graminées.

Avec le temps, les systèmes de classification s'élaboraient et comprenaient des éléments de plus d'une discipline. Les "Hochmoor" sont devenus des "bogs" qu'on caractérisait selon la concentration en éléments nutritifs, l'origine de l'eau, la morphologie de

surface et les combinaisons précises de types végétaux (Wells, 1981). Le progrès graduel réalisé dans le domaine de la classification des terres humides souligne le besoin d'une approche générale et multidisciplinaire.

Au Canada, on a mis au point un système de classification des muskegs adapté aux conditions d'ici. Cette classification des muskegs est fondée sur la structure de la végétation et sur la configuration observée du haut des airs (Radforth, 1969a, 1969b). Dans cette classification, la végétation est décrite par formules de couverture (tableau 1–4, MacFarlane, 1958), représentant des classes de couverture pure ou des combinaisons. On a découvert que dans le nord du Canada, seulement 18 de ces combinaisons se trouvent assez couramment et elles ne regroupent jamais plus que deux ou trois classes. L'importance de chaque classe est donnée par sa position dans la formule : la classe prédominante paraît en premier (Radforth, 1969a). Si la classe de couverture compte pour moins de 25 %, elle ne paraît pas dans la formule de la couverture.

L'information sur la couverture de surface est complétée par une caractéristique de la tourbe fondée sur la structure (Radforth, 1969a). Les principales caractéristiques sont amorphe-granulaire, fine-fibreuse et grossière-fibreuse; chacune est elle-même divisée selon d'autres caractéristiques comme la teneur en granules, en fibres ou en bois. Au total, il y a 17 catégories pour la structure de la tourbe.

Ce qui distingue cette classification, c'est l'identification de la morphologie du terrain organique (muskeg) telle que révélée par les configurations de la couverture végétale ou par les structures de la tourbe. Quand les terres humides sont vues du haut des airs, des configurations ressortent permettant alors d'établir la morphologie. Quand on survole le terrain à basse altitude (330 m) ou à altitude moyenne (3 300 m), on peut distinguer six configurations de base et trois sous-configurations (tableau 1–5, Radforth, 1969b).

Au niveau le plus général, la classification des terres humides se base sur l'observation aérienne des configurations, les sous-catégories étant établies à partir de la formule de la couverture et du type de structure de la tourbe. Cette classification a été conçue à l'intention des ingénieurs (Radforth, 1952), qui connaissent peu les sciences de la vie mais qui s'intéressent aux caractéristiques physiques des terres humides.

Aux États-Unis, on a développé un système de classification des terres humides qui regroupe les habitats qui subissent l'influence de facteurs hydrologiques, géomorphologiques, chimiques et biologiques semblables (Cowardin *et al.*, 1979). Il s'agit d'une classification hiérarchique puisque les unités les plus vastes (systèmes) sont divisées en sous-systèmes et ces derniers en classes. Ce système de classification a l'avantage d'être objectif puisqu'il nécessite aucune supposition concernant la nature des habitats.

Il y a cinq systèmes (marin, estuarien, fluviatile, lacustre et palustre) divisés en sous-systèmes selon les caractéristiques hydrologiques (tidal, subtidal, intertidal, pérenne, intermittent ou littoral). Les sous-systèmes sont divisés en classes principalement selon le substrat (fond aquatique ou fond rocheux); cependant, dans le cas des sous-systèmes palustres, on tient également compte de la végétation (par exemple, terres humides de mousses–lichens, de broussailles–arbustes). Les classes de terres humides se divisent encore en sous-classes selon la forme prédominante de couverture végétale. Une terre humide boisée peut être divisée en sous-classes de plantes à feuilles persistantes latifoliées ou à aiguilles. Si la végétation couvre moins de 30 % du substrat, on utilise la physiographie et la composition du substrat pour distinguer les diverses sous-classes. Les sous-classes de terres humides à végétation se subdivisent

Tableau 1–4. Propriétés décrivant neuf classes pures de couverture dans le système de classification des muskegs

Classe de couverture	*Lignosité ou non*	*Taille (hauteur appr.)*	*Texture (au besoin)*	*Type de croissance*
A	Ligneux	5 m ou plus	—	Arborescent
B	Ligneux	1.6–5 m	—	Arbre jeune ou rabougri ou buisson
C	Non-ligneux	0.6–1.6 m	—	Haut, type herbacé
D	Ligneux	0.6–1.6 m	—	Arbrisseau ou arbre très rabougri
E	Ligneux	Jusqu'à 0.6 m	—	Arbuste
F	Non-ligneux	Jusqu'à 0.6 m	—	Coussins, massifs ou plaques, parfois en contact
G	Non-ligneux	Jusqu'à 0.6 m	—	Seul ou en association vague
H	Non-ligneux	Jusqu'à 10 cm	Tanné à cassant	Surtout des coussins continus
I	Non-ligneux	Jusqu'à 10 cm	Doux ou soyeux	Souvent des coussins continus, parfois sur des buttes

Source : Radforth (1969a).

Tableau 1–5. Description des configurations aperçues de 330 à 1 650 m au-dessus d'un terrain organique, pour la classification du muskeg

Planoïde	Étendue sans texture particulière, plane
Apiculoïde	Étendue à texture fine, avec des projections
Vermiculoïde	Étendue striée, surtout à texture grossière; traits tortueux
Vermiculoïde I	Stries comme tissées en un réseau serré et habituellement jointes
Vermiculoïde II	Stries en association étroite, souvent terminées abruptement et rarement complètement jointes
Vermiculoïde III	Stries tissées en un réseau ouvert, d'habitude jointes et très tortueuses
Cumuloïde	Étendue à texture grossière avec "îlots" proéminents lobés ou digités; éléments constituants en forme de cumulus
Polygoïde	Étendue à texture grossière, découpée par des lignes qui se croisent; présence de polygones
Intrusoïde	Étendue à texture grossière résultant d'interruptions fréquentes causées par des "îlots" sans rapport entre elles, largement séparées et surtout angulaires; disjointe

Source : Radforth (1969b).

selon les types de dominance, en se fondant sur l'espèce dominante.

Des qualificatifs permettent de décrire avec encore plus de précision le contenu des classes et de leurs subdivisions dans le système national de classification des États-Unis. La salinité et le pH sont deux qualificatifs liés à la chimie de l'eau. Pour le sol, on peut se limiter aux qualificatifs minéral ou organique en appliquant les critères retenus par le Soil Conservation Service des États-Unis (1975). Il y a d'autres qualificatifs spéciaux, notamment les influences anthropiques comme le drainage, les ouvrages de retenue et les pratiques agricoles.

Ce système montre clairement les avantages d'une classification objective. Au moins jusqu'au niveau de la sous-classe, les décisions se fondent uniquement sur l'évaluation de caractéristiques descriptives. On ne prend cependant pas en considération des paramètres comme l'origine, la qualité ou la quantité de l'eau ou la genèse des terres humides. Ce système a été conçu pour les États-Unis où les terres humides non tourbeuses prédominent. Il s'applique difficilement au Canada puisque environ 96 % des terres humides du pays seraient regroupées dans le système palustre, ce qui laisse très peu de jeu pour différencier les classes.

Classification des sols organiques du Canada

La Commission canadienne de pédologie (1978) a créé un système de classification des sols du Canada qui peut s'appliquer aux terres humides. Les sols, y compris ceux des terres humides, sont définis comme la matière à la surface du globe capable d'entretenir la croissance végétale. Cette définition des sols tient compte du contexte écologique : les sols font partie intégrante des écosystèmes. Cela permet d'appliquer la classification des sols à la distribution et à la description des caractéristiques des sols associés à divers types de terres humides.

Le système hiérarchique de classification des sols du Canada est constitué d'ordres, de grands groupes et de sous-groupes. Les phases des sols sont descriptives, des distinctions *ad hoc* qui peuvent être appliquées aux sous-groupes. Les sols des terres humides se retrouvent dans trois catégories : les sols organiques, les cryosols et les gleysols.

Tous les grands groupes de l'ordre des sols organiques sont des sols de terres humides, à l'exception du grand groupe des folisols qui sont composés de litière forestière recouvrant l'assise rocheuse dans les milieux ombrophiles. Pour être qualifié de sol organique, un sol doit avoir une couche superficielle de plus de 60 cm d'épaisseur si elle est fibrique (mal décomposée) ou de plus de 40 cm si elle est mésique ou humique (modérément à bien décomposée). La section de contrôle d'un profil de sol (les 160 cm supérieurs) est divisée en trois étages : superficiel, 40 cm d'épaisseur, intermédiaire, 80 cm, et de fond, 40 cm. La classification au niveau des grands groupes repose principalement sur les propriétés de l'étage intermédiaire.

Les sols du grand groupe des fibrisols ont un étage intermédiaire à dominance fibrique, soit 40 % ou plus de fibres frottées au volume. Les mésisols ont un étage intermédiaire à dominance mésique où la teneur en fibres frottées est de 10 à 40 %. Les humisols contiennent peu de fibres reconnaissables et leur volume en fibres frottées est inférieur à 10 %. Les sols de chacun de ces grands groupes se divisent en sous-groupes selon la fréquence d'apparition de couches de différents matériaux ou selon la minceur de la couche recouvrant le sol minéral.

Dans l'ordre cryosolique, ce sont les sols des terres humides qui constituent le grand groupe des cryosols organiques. Pour qu'un sol soit ainsi classé, il faut que la couche organique ait plus de 40 cm d'épaisseur et que le niveau du pergélisol soit à moins d'un mètre de la surface. Les différents sous-groupes sont identifiés suivant le degré de décomposition observé dans la section de contrôle ou par la minceur de la tourbe recouvrant le sol minéral ou la glace.

Certaines terres humides ont des sols qui appartiennent à l'ordre gleysolique. C'est un ordre caractérisé par ses sols aux couleurs mates peu intenses ou par des mottes distinctes de couleur très intense à moins de 50 cm de la surface. Cependant, les sols gleysoliques ne se trouvent pas seulement dans les

terres humides. Par définition, ces dernières forment des secteurs où la nappe phréatique est à proximité ou au-dessus de la surface du sol minéral. Cela se traduit dans les sols par le développement de couches gleyées en surface, crées par des conditions de réduction dans un terrain détrempé. Le degré de saturation en eau se voit à la teinte grise, bleue ou verdâtre du sol gleyé plutôt qu'aux taches produites par des conditions périodiques d'oxydation. Il peut y avoir une mince couche tourbeuse sur certains gleysols, alors le sol est classé comme une phase tourbeuse (de 15 à 60 cm de tourbe fibreuse, de 15 à 40 cm d'autre tourbe).

Systèmes régionaux de classification des terres humides au Canada

Millar (1976) a proposé une classification des terres humides des Prairies de l'Ouest. Cette classification se fonde sur les différentes zones de végétation qui se constituent selon la profondeur et la durée de crues périodiques et qui sont modifiées par la chimie de l'eau ainsi que par l'importance et la situation des terres humides dans le bassin versant. On trouve quatre zones de végétation exondée dont trois témoignent de conditions stables (les prairies humides, les marais peu profonds, les marais profonds exondés); la quatrième zone est perturbée pour des raisons naturelles ou anthropiques. La salinité agit sur la composition et l'étendue des zones de végétation. On a trouvé quatre catégories significatives sur le plan écologique; chacune est définie par une échelle de salinité allant de l'eau douce à l'eau hypersaline. On tient compte de la situation des terres humides dans le bassin versant parce qu'elle peut avoir un effet important sur le régime hydrique. Les principales catégories sont les terres humides isolées, de débordement, de chenal et les terres humides terminales. La codification finale de chaque terre humide regroupe des informations sur la classe d'étendue de la terre humide, sa situation dans le bassin versant, la zone de végétation et la profondeur d'eau.

Couillard et Grondin (1986) ont préparé une classification des milieux humides du Québec à partir d'articles de nombreux auteurs, notamment Jaques et Hamel (1982), ainsi que de leurs propres observations. On se sert des processus écologiques distincts, pour définir trois systèmes de terres humides : les systèmes marégraphique, riverain et tourbeux qui se divisent en d'autres niveaux de classification.

Le système marégraphique regroupe les terres humides influencées par les marées; il est divisé en trois niveaux : étages supérieur, moyen et inférieur, définis à partir des niveaux extrêmes de marées. Le niveau suivant de classification se fonde sur la physionomie des terres humides maréales : marais, marécages, prairies humides, herbiers submergés, substrat dénudé. Le troisième niveau de classification se fonde sur les communautés végétales qui ont pu se former compte tenu de la durée et de la fréquence de submersion, de la chimie de l'eau, de la pente, du microrelief, du drainage et des caractéristiques édaphiques.

Le système riverain regroupe les terres humides soumises aux fluctuations saisonnières de plans d'eau permanents ou saisonniers. Il se divise en deux étages : généralement inondé et généralement exondé selon les niveaux normaux et extrêmes des plans d'eau. Au deuxième niveau de classification, on distingue entre les différentes classes physionomiques telles l'herbier aquatique (qui a le plus d'eau), le marais, la prairie humide et le marécage (qui a le moins d'eau). Il y a une autre subdivision selon les communautés végétales apparues à cause de variations du niveau d'inondation durant la saison de croissance, des propriétés chimiques et physiques de l'eau, de l'exposition, des propriétés du substrat et de la profondeur de la nappe phréatique.

Le système des tourbières regroupe les terres humides qui donnent de la tourbe; il est divisé en tourbières ombrotrophes et mésotrophes selon les propriétés chimiques de la tourbe superficielle et de l'eau. Le niveau suivant de classification se fonde sur la morphologie superficielle des tourbières. La présence ou l'absence de différentes configurations servent à identifier cinq types de tourbières minérotrophes (fens), cinq types de tourbières ombrotrophes (bogs), et deux types de tourbières mixtes. Au niveau le plus détaillé de classification les communautés végétales servent à identifier les différentes parties des tourbières trouvées sur des crêtes, dans des failles, en tapis et sur des plateaux.

Il y a aussi eu un système de classification proposé pour l'Ontario (Jeglum *et al.*, 1974). Le système comprend cinq niveaux hiérarchiques, en classes de plus en plus détaillées : (1) formation, (2) sous-formation, (3) groupe physionomique, (4) type de dominance et (5) type d'emplacement. Les grandes unités correspondent aux classes de terres humides de la classification canadienne des terres humides (voir plus loin). La sous-formation se fonde sur la présence ou l'absence d'arbres (terrain dénudé d'arbres ou boisé). Le groupe physionomique se caractérise par l'introduction de fines distinctions physionomiques, par exemple, l'abondance de graminées, d'arbustes, de feuillus ou de conifères. Les types de dominance sont définis à partir de l'espèce dominante dans la plus haute strate de la couverture végétale continue. Les types d'emplacement sont identifiés par l'espèce dominante dans la strate directement sous la plus haute strate.

Ce système est compatible avec le système de classification des terres humides du Canada et il s'y compare puisque les grandes catégories (les formes) sont identiques. Au deuxième niveau (les sous-formes) les deux systèmes se basent sur des caractéristiques différentes mais au troisième niveau trois (les types de terres humides et les groupes physionomiques) ils sont de nouveau semblables. Le système de l'Ontario compte deux autres niveaux afin de répondre à des besoins liés à la végétation.

Système de classification des terres humides du Canada

Le Groupe de travail national sur les terres humides (Zoltai *et al.*, 1975; Tarnocai, 1980) a établi un système de classification des terres humides applicable à l'ensemble du Canada. Ce système s'appuie sur des paramètres écologiques qui influencent la croissance et le développement des terres humides. Ces paramètres sont biotiques (la flore, la faune, la tourbe) et abiotiques (l'hydrologie, la qualité de l'eau, la morphologie du bassin, le climat, l'assise rocheuse, le sol). Plutôt qu'une approche radicalement nouvelle, la classification utilise des notions solidement établies en Europe et en Amérique du Nord. L'information sur les terres humides est organisée selon un ordre hiérarchique, du niveau le plus vaste et le plus général à des niveaux de plus en plus détaillés et précis.

Les *classes de terres humides*, qui forment la catégorie la plus générale, se fondent sur la physionomie végétale générale, sur l'hydrologie et sur la qualité de l'eau. Ces classes se divisent en *formes de terres humides* selon trois critères : la configuration superficielle qui résulte de différences dans la qualité de l'eau ou l'épaisseur de la tourbe, le modelé ou le drainage du bassin versant, enfin la proximité à des plans d'eau. Les formes de terres humides sont ensuite divisées en *types de terres humides* selon la morphologie de la végétation. La classification officielle s'arrête ici, ce qui permet la création de subdivisions plus précises et mieux accordées aux différentes disciplines; on pourrait employer comme critères la flore, ou des paramètres de génie ou d'utilisation des terres et les types de sols.

L'objectif de cette classification est la constitution d'un cadre de travail applicable à plusieurs disciplines et qui peut servir de base d'échanges. Il n'est pas nécessaire d'être spécialisé en écologie des terres humides pour utiliser cette classification assez simple. Dès que la classe des terres humides est déterminée, les formes et types deviennent apparents puisqu'ils reposent sur des différences morphologiques. Dans un effort de normalisation de la terminologie des formes de terres humides, on a établi un registre national des terres humides où l'on trouve la description détaillée des diverses formes de terres humides jugées typiques (Tarnocai, 1980). C'est ce système de classification et la terminologie afférente, mis au point par le Groupe de travail national sur les terres humides qu'on utilise à compter de ce chapitre; un aperçu est donné à l'annexe I.

Classes de terres humides

Il y a cinq classes de terres humides : le bog, le fen, le marécage, le marais et plan d'eau peu profonde. Ces termes sont familiers au grand public et aux spécialistes des terres humides. On n'est donc pas surpris de constater qu'il existe nombre de définitions subtilement ou substantiellement différentes de ces termes. On pourrait toujours les écarter complètement (Cowardin *et al.*, 1979), comme on a fait avec le terme de "muskeg" à cause des définitions contradictoires qui lui étaient attribuées. L'autre solution serait de les définir dans un contexte canadien tout en ayant à l'esprit qu'ils peuvent servir à d'autres usages. On obtient alors des définitions qui s'appliquent aux classes de terres humides du Canada des régions tempérées fraîches jusqu'aux régions polaires en passant par les milieux océaniques perhumides et les milieux continentaux semi-arides.

Les terres humides ne sont pas synonymes de tourbières. Les tourbières sont les terres humides qui ont une couche de tourbe d'au moins 40 cm d'épaisseur (Tarnocai, 1980). On a fixé cette limite minimale parce qu'à cette épaisseur la vaste majorité des plantes de terres humides sont enracinées dans la tourbe.

Les *BOGS* sont des terres humides couvertes de tourbe dont la végétation montre les effets de la présence d'une nappe phréatique élevée et une déficience générale d'eléments nutritifs. La surface du bog est souvent soulevée et, quand elle est plate ou au niveau des terres humides environnantes, elle est pratiquement isolée de l'eau souterraine minéralisée. Ainsi, l'eau en surface des bogs est très acide et les couches supérieures de tourbe souffrent d'une insuffisance extrêmement prononcée d'éléments nutritifs. La tourbe se forme généralement *in situ* dans un milieu sans circulation d'eau et avec une pauvre saturation en oxygène dissous. La tourbe a plus de 40 cm d'épaisseur. Les *Sphagnum* cespiteuses sont communes ainsi que les éricacées arbustives. Il n'y a pas toujours d'arbres et quand il y en a, ils forment des bois ouverts d'arbres courts et rabougris.

Cette définition des bogs doit valoir aussi pour les terres humides extrêmement pauvres en éléments nutritifs (ombrotrophes ou oligotrophes) dont la végétation n'est pas alimentée par de l'eau souterraine minérotrophe (enrichie de minéraux). Le pH de l'eau souterraine est généralement inférieur à 4.6 et la conductivité se situe en-deça de 80 µS/cm (tableau 1–6) ce qui révèle la faible concentration en calcium (Ca) et en magnésium (Mg) de l'eau : la concentration combinée de ces éléments est inférieure à 5 mg/L. La teneur minérale totale de la tourbe au niveau de la zone d'enracinement (tableau 1–7) indique également une faible concentration en éléments nutritifs. Le pH de la tourbe est inférieur à 4.7 et la teneur combinée en Ca et en Mg est généralement inférieure à 5 000 mg/kg.

Les *FENS* sont des tourbières caractérisées par une nappe phréatique élevée, mais leur drainage interne se fait très lentement par *suintement* le long de pentes à très faible inclinaison. La saturation en oxygène (O) dissous est plutôt pauvre, mais supérieure à ce qu'elle est dans les bogs. La nappe phréatique à écoulement très lent est enrichie en éléments nutritifs par un apport en amont; c'est pourquoi les fens sont plus minérotrophes que les bogs. Il y a généralement plus de 40 cm de tourbe. La végétation reflète d'habitude

la qualité et la quantité d'eau disponible et permet d'identifier trois types de base : les fens à graminées, sans arbres ni arbustes, les fens arbusifs et les fens boisés.

La teneur en éléments nutritifs de l'eau et de la tourbe des fens est toujours supérieure à celle des bogs d'une même région. Cependant, des analyses montrent que certains "fens riches" connaissent une eutrophisation élevée et sont riches en minéraux. Ces matériaux organiques et minéraux ou de tourbe ligneuse bien décomposée et déposée *in situ*. La végétation peut être constituée d'une forêt dense de conifères ou de feuillus, ou encore de bosquets de grands arbustes.

Les marécages forment d'habitude un terrain productif, riche en éléments nutritifs où la végétation d'arbres et d'arbustes est luxuriante. Généralement, la concentration en éléments nutritifs est élevée dans

Tableau 1–6. Propriétés chimiques de l'eau dans des terres humides d'Amérique du Nord : valeur moyenne (plage de valeurs)

Classe de terres humides	*Nombre d'échantillons*	*pH*	*Conductivité (µS/cm)*	*Cations échangeables*		*Source*
				Ca (mg/L)	*Mg (mg/L)*	
Bog	18	4.0 (3.7–4.4)	—	2.3 (1.2–3.7)	0.4 (0.2–0.9)	Schwintzer (1981)
	13	(4.6–5.1)	(35–62)	(0.2–0.8)	(0.1–0.2)	Gauthier (1980)
	10	(3.8–4.4)	31	0.2	0.1	Foster et King (1984)
Fen (pauvre)	193	(4.6–5.2)	(18–59)	(0.4–4.8)	(0.1–0.7)	Gauthier (1980)
	14	(4.7–5.5)	49	0.3	0.2	Foster et King (1984)
	1	5.0	—	2.4	0.4	Vitt *et al.* (1975)
Fen (modérément pauvre)	42	5.2	65	1.1	0.2	Gauthier (1980)
Fen modéré à minérotrophe)	9	7.2 (6.8–7.9)	281 (140–456)	28 (18–37)	11 (4–28)	Slack *et al.* (1980)
	21	6.1 (5.2–6.9)	59 (33–128)	10 (4–18)	—	Glaser *et al.* (1981)
	5	6.5 (5.4–7.1)	—	43 (7–124)	10 (2–15)	Schwintzer (1978)
Marécage (boisé de conifères)	12	7.2 (6.9–7.8)	—	40 (22–52)	12 (8–17)	Schwintzer (1981)

fens ont une réaction alcaline et une teneur très élevée en Ca et en Mg (tableaux 1–6, 1–7). Dans certains cas, cependant, d'autres fens rivalisent les bogs en pauvreté d'éléments nutritifs et sont connus comme des "fens pauvres". Cela se produit quand l'eau souterraine provient de milieux pauvres en minéraux, par exemple, les Swan Hills en Alberta (Vitt *et al.*, 1975), et quand l'eau prend origine dans les bogs bombés (Glaser *et al.*, 1981). Toutefois, la plupart des fens sont modérément riches en éléments nutritifs (mésotrophes) et sont légèrement acides (pH 5.5–6.0).

Les *MARÉCAGES* sont des terres humides dont l'eau est stagnante ou s'écoule lentement selon les saisons ou pendant de longues périodes, ce qui donne un sous-sol continuellement saturé d'eau. Parfois, l'eau se présente sous la forme d'un écoulement souterrain d'eau minéralisée. Selon les saisons, la nappe phréatique peut baisser et se trouver en-deça du rhizosphère, ce qui conduit à l'aération du sol en surface. Les eaux de marécages sont circumneutres à modérément acides et manquent guère d'oxygène ou de minéraux. Le substrat est constitué de mélanges de l'eau souterraine comme dans la tourbe (tableaux 1–6, 1–7). La plupart des mousses qui produisent de la tourbe ne sont jamais présentes que de façon secondaire. La tourbe qui s'accumule dans les marécages est généralement ligneuse et très humidifiée. Dans beaucoup de marécages, la formation de tourbe est minimale. Dans certains cas, les marécages apparaissent en surface d'autres tourbières comme des fens ou des bogs, tel qu'indiqué par la séquence d'accumulation de tourbe.

Les *MARAIS* sont des terres humides périodiquement inondées d'eau stagnante ou s'écoulant lentement, d'où la richesse en éléments nutritifs. Les marais sont essentiellement des terrains humides au sol minéral, mais où l'on trouve souvent une mince couche de tourbe bien décomposée. Ils sont sujets à avoir une nappe phréatique gravitique, mais l'eau reste au niveau du rhizosphère pendant la plus grande partie de la saison de croissance. Généralement, l'eau est circumneutre à légèrement alcaline et le niveau de saturation en oxygène dissous est passablement élevé. Les marais sont caractérisés par une végétation émergente de roseaux, de joncs ou de laîches.

Tableau 1–7. Propriétés chimiques de la tourbe (30 cm supérieurs) des terres humides du Canada; éléments nutritifs totaux exprimés en valeur moyenne, (plage de valeurs)

Classe de terres humides	*Nombre d'échantillons*	*pH*	*Cations échangeables*		*Source*
			Ca (mg/kg)	*Mg (mg/kg)*	
Bog	—	3.5–3.8	1 240–3 090	1 170–1 870	Pollett (1972)
	28	—	4 370	690	Stanek *et al.* (1977)
	8	—	1 725 (700–4 400)	1 312 (700–1 700)	Damman et Dowhan (1981)
Fen	—	5.0–6.5	16 130–30 630	1 310–3 210	Pollett (1972)
	11	—	11 080	1 540	Stanek *et al.* (1977)
Marécage (boisé de conifères)	33	—	19 340	3 160	Stanek *et al.* (1977)
Marais	5	—	13 420	5 100	Stanek *et al.* (1977)

Le niveau de l'eau superficielle est sujet à des variations saisonnières ou même quotidiennes pour les marais maritimes; la baisse des eaux expose des zones de végétation emmêlée ou des vasières. La végétation manifeste une zonation distincte selon la profondeur d'eau, la fréquence des retraits ou la salinité.

Les *PLANS D'EAU PEU PROFONDE*, qu'on appelle couramment des etangs ou des bourbiers, sont de petits plans d'eau stagnante qui font la transition entre les lacs et les marais. L'eau de surface donne un aspect ouvert, sans végétation émergente, mais il peut y avoir des macrophytes aquatiques enracinées et flottantes. Au milieu de l'été, la profondeur d'eau est généralement inférieure à 2 m.

Formes de terres humides

Au niveau suivant de classification, on considère la forme des terres humides que l'on détermine selon certaines caractéristiques comme la morphologie de surface (terre humide soulevée, plate ou en pente), la configuration (crêtes, réseaux, palses ou polygones), la situation dans le paysage (vallée, delta ou bassin), l'effet des marées et la proximité de plans d'eau (Tarnocai, 1980). Ces formes reflètent les différences d'ordre environnemental : l'origine de l'eau (de l'eau de pluie, de l'eau souterraine, des plans d'eau), le développement différencié de la tourbe (diverses configurations) et le pergélisol (des palses, des polygones). Le niveau de classification des formes est une catégorie ouverte : il s'en ajoutera sûrement. À l'heure actuelle, on compte 18 formes de bogs, 17 de fens, 15 de marais, 7 de marécages et 13 de plans d'eau peu profonde. Les neuf chapitres qui suivent décrivent les différentes régions de terres humides du Canada et donnent des exemples détaillés de la plupart de ces formes données au tableau 1–8. Chaque forme est définie à l'annexe I.

Types de terres humides

Les types de terres humides sont déterminés selon la physionomie générale de la couverture végétale. À ce troisième niveau de classification, on ne parle pas encore d'espèces, mais de forêts de conifères ou de feuillus, d'arbrisseaux, d'arbustes, de joncs, ou de mousses. Il y a 16 types de terres humides définis dans l'annexe I (élargissement de la liste de Tarnocai, 1980). Ils sont : (a) terre humide boisée de conifères ou de feuillus, (b) arbustive (arbrisseaux, arbustes mixte), (c) à plantes non ligneuses, (d) à graminées (herbacées, roseaux, grands joncs, joncs bas et laîches), (e) à mousses, (f) à lichens, (g) à plantes aquatiques (flottantes ou submergées), (h) dénudée. Dans divers chapitres du présent ouvrage, d'autres éléments terminologiques paraîtront, ils ont un caractère régional et servent à l'identification de "sous-formes" pour les formes et de "phases" pour les types. Les sous-formes et les phases sont définies selon des facteurs comme la végétation, la salinité, la profondeur d'eau et autres.

L'étendue des terres n'est pas un critère de classification dans ce système, ni en fait, dans les systèmes de classification classiques sur lequels se fonde cette approche. Les critères déterminants se rattachent aux paramètres environnementaux qui agissent sur la formation et la transformation de l'écosystème des terres humides. Ainsi, il est tout à fait possible d'observer une petite communauté de bog (un seul tapis) qui se forme sur un fen. De telles communautés peuvent demeurer restreintes, être englouties par le fen, se fusionner avec d'autres ou s'élargir latéralement, selon les conditions du milieu.

Il importe d'établir une distinction nette entre la classification et la cartographie. La classification est une démarche intellectuelle selon laquelle on regroupe des unités semblables, alors que la cartographie est la délimitation de la superficie couverte par des unités semblables telle qu'observées. Nous pouvons obtenir une définition nette des différentes unités de classification mais, dans la nature, les terres humides consistent souvent en un mélange des différentes unités. Les marais sont souvent associés aux plans d'eau peu profonde et peuvent même avoir des marécages en bordure. Les fens et les bogs ont souvent des marécages à leur périmètre dans les parties où l'eau minéralisée des pentes atteint les terres

humides. Les bogs dégorgent souvent dans les fens. La catégorie de classification des formes de terres humides permet de tenir compte de ces combinaisons fréquentes. Cependant, dans ces cas, la cartographie peut nécessiter la préparation, au besoin, d'unités cartographiques complexes et la détermination des facteurs de dominance pour des classes, des formes ou des types particuliers de terres humides.

Régions de terres humides

On sait depuis longtemps que certaines formes de terres humides se trouvent dans des grandes zones climatiques. Katz (1948) a établi huit grandes zones climatiques en Union Soviétique, chacune associée avec des zones phytogéographiques particulières. On emploie actuellement sept grandes zones ayant

Tableau 1–8. Formes des terres humides du système de classification des terres humides du Canada avec exemples détaillés dans des chapitres de ce volume

Classe/forme de terre humide	*Chapitres avec un exemple*
Bog	
Bog à palse	Subarctique
Bog bombé	Pacifique, Boréal, Atlantique, Tempérée de l'Est
Bog de bassin	Pacifique, Boréal, Tempérée de l'Est, Atlantique
Bog de monceau	*
Bog de monceau tourbeux	Arctique
Bog de plateau de l'Atlantique	*
Bog de plateau du Nord	Boréal
Bog de plateau polygonal tourbeux	Subarctique
Bog de plateau tourbeux	Subarctique, Boréal, Atlantique
Bog de rivage	Pacifique, Tempérée de l'Est
Bog effondré	*
Bog en couverture	Atlantique
Bog en plaqué	Subarctique
Bog flottant	Pacifique
Bog incliné	Pacifique, Atlantique
Bog plat	Pacifique, Boréal, Tempérée de l'Est
Bog polygonal des basses terres (centre convexe)	Boréal, Pacifique, Atlantique
Bog structuré	Atlantique
Fen	
Fen à palse	*
Fen côtelé de l'Atlantique	Atlantique
Fen côtelé du Nord	Subarctique, Boréal
Fen de bassin	Arctique, Boréal, Prairies
Fen de chenal	Subarctique, Tempérée de l'Est
Fen de neige tardive	Arctique
Fen de rivage	Pacifique, Tempérée de l'Est
Fen de ruisseau	Pacifique, Tempérée de l'Est
Fen effondré	Boréal, Subarctique
Fen en échelle	Atlantique
Fen en réseau	*
Fen flottant	Boréal
Fen horizontal	Boréal
Fen incliné	Pacifique, Atlantique
Fen penné	Boréal
Fen polygonal des basses terres (centre concave)	Arctique
Fen sourceux	Boréal
Marécage	
Marécage à bordure tourbeuse	Boréal, Tempérée de l'Est
Marécage de bassin	Tempérée de l'Est, Pacifique
Marécage de plain d'inondation	Subarctique, Arctique, Pacifique
Marécage de rivage	Tempérée de l'Est
Marécage de ruisseau	Boréal, Pacifique, Tempérée de l'Est
Marécage plat	*
Marécage sourceux	Tempérée de l'Est, Pacifique
Marais	
Bas marais côtier	Marais salés
Bas marais estuarien	Marais salés
Haut marais côtier	Marais salés
Haut marais estuarien	Marais salés
Marais d'eau douce à marée	Tempérée de l'Est
Marais de bassin peu profond	Prairies
Marais de bassin terminal	Prairies
Marais de chenal	Prairies
Marais de delta actif	Boréal, Arctique
Marais de delta inactif	*
Marais de kettle	Prairies
Marais de plaine d'inondation	Prairies, Subarctique, Arctique
Marais de ruisseau	Prairies
Marais d'infiltration	*
Plan d'eau peu profonde	
Plan d'eau de bassin peu profonde	*
Plan d'eau de bassin terminal	Prairies
Plan d'eau de chenal	*
Plan d'eau de delta	*
Plan d'eau de délaissé	*
Plan d'eau de kettle	Prairies
Plan d'eau de mare de toundra	Arctique
Plan d'eau de marée	*
Plan d'eau de rivage	*
Plan d'eau de ruisseau	*
Plan d'eau d'estuaire	*
Plan d'eau sans marée	*
Plan d'eau thermokarstique	Subarctique

** Il n'y a pas d'exemples détaillés pour ces formes, mais elles sont décrites à l'Annexe I.*

toutes de nombreuses sous-zones (Botch et Masing, 1983). En Finlande, on a établi trois grandes divisions selon la forme particulière de fondrières dominante : fondrières à palses, fondrières à aapa et bogs soulevés (Ruuhijärvi, 1960; Eurola, 1962); elles comportent plusieurs sous-zones. Bellamy (1972) a distingué neuf zones en Europe. Sjörs (1983) a montré qu'il existe des types complexes particuliers de fondrières dans des régions géographiques définies, quoique certains types se recoupent dans la distribution. Au Canada, on a observé une distribution régionale semblable, principalement selon un gradient nord-sud de température et un gradient est-ouest de précipitations. À l'origine, on a distingué cinq zones principales et six sous-zones (Zoltai *et al.*, 1975). On est ensuite passé à 20 *régions de terres humides* (Groupe de travail national sur les terres humides, 1986b) (voir l'endroit de la couverture arrière).

L'orientation des régions de terres humides sur les cartes produites dans différents pays fait ressortir clairement les incidences climatiques sur ces régions. Il est reconnu que les terres humides forment des écosystèmes complexes comprenant de nombreux rapports interactifs, mais c'est le climat qui apporte l'énergie à l'écosystème et qui agit sur le niveau d'humidité disponible. L'interaction d'autres facteurs à l'intérieur du cadre macro-climatique produisent les terres humides caractéristiques d'une grande région. Les régions de terres humides sont donc des secteurs géographiques où des terres humides caractéristiques se forment, à l'intérieur de limites climatiques données, par l'interaction des divers éléments de l'écosystème des terres humides. La distribution et l'abondance des terres humides ne sont pas des critères de classement parce qu'elles sont largement influencées par le modelé. On peut créer des subdivisions des régions de terres humides, les *sous-régions de terres humides*, si certaines parties d'une région donnée diffèrent quelque peu entre elles, mais non assez pour justifier la création d'une nouvelle région. Des variations locales de forme des terres humides, des différences dans l'abondance de certaines formes ou des proportions différentes dans la région occupée par des terres humides peuvent servir à définir des sous-régions de terres humides particulières par rapport à d'autres dans la région.

L'orientation des régions de terres humides s'apparente de façon générale aux grandes zones de végétation (Rowe, 1972), parfois même leurs limites coincident. Cependant, la végétation des bogs et des fens s'apparente généralement à la végétation des hauts plateaux des régions situées plus au nord. C'est ainsi que la végétation d'un bog dans la région des terres humides du Haut-Subarctique (type éricacées–lichens, sans arbre) ressemble à la végétation de terres non humides du haut plateau de la région des terres humides du Bas-Arctique, plus au nord (voir la carte à l'endos de la couverture avant). De la même façon, la forêt ouverte *Picea*–lichen des tourbières à pergélisol du Bas-Subarctique ressemble à la végétation de haut plateau de la région des terres humides du Haut-Subarctique. Les marécages de feuillus dominés par l'érable (*Acer* spp.) de la région tempérée de l'Est ressemblent aux forêts de la région plus nordique du Bas-Boréal. Apparemment, les sols saturés d'eau des terres humides et leur situation dans des dépressions créent un climat local plus froid et permettent ainsi l'établissement et la persistance d'une végétation plus nordique.

Ce qui suit est une vue d'ensemble des processus dynamiques reliés au climat qui produisent certains types de terres humides dans diverses parties du Canada. La question sera traitée plus en profondeur dans les chapitres suivants, mais cet aperçu permettra de mieux préciser les différences régionales et de les placer dans une perspective continentale.

Terres humides de l'Arctique

Le froid et un très bas niveau de précipitations sont les principaux facteurs climatiques à influencer le développement des terres humides dans les régions arctiques (tableau 1–3). Le peu de précipitations limite les terres humides à des dépressions mal drainées ou aux endroits où il y a d'autres sources d'eau. Pendant toutes les étapes de leur évolution les terres humides reposent sur un pergélisol très proche. Ce dernier empêche le drainage interne libre; c'est pourquoi l'humidité disponible se concentre à la surface ou s'incorpore au pergélisol. Les terres humides sont exposées à la cryoturbation dont l'un des effets est de mélanger la tourbe avec le sol minéral sous-jacent et de soulever des grosses pierres à travers la tourbe jusqu'à la surface. Il se forme aussi des fissures de gel sous le froid intense de l'hiver, ce qui donne lieu à la formation de polygones à fentes de gel.

Terres humides du Subarctique

Ces régions sont caractérisées par des hivers très froids, mais des étés relativement doux (tableau 1–3). Le niveau des précipitations est bas mais plus élevé que dans l'Arctique. Cependant, les niveaux de précipitations plus élevés dans l'Est (la région de la baie d'Hudson et plus à l'est) exerce une certaine action sur le développement des terres humides dans la région du Haut-Subarctique. Le pergélisol se trouve dans toutes les terres humides de la sous-région du Haut-Subarctique continental, plus aride, mais il est sporadique dans la sous-région du Haut-Subarctique humide et dans le Bas-Subarctique. Contrairement à la situation dans les régions de terres humides de l'Arctique, le pergélisol a agi sur les tourbières après que la tourbe se soit formée dans les fens et les bogs; c'est ce que montrent plusieurs études stratigraphiques (Zoltai et Tarnocai, 1975). Les formes caractéristiques de terres humides comme les bogs de palse et de plateau tourbeux (les palses plats de Botch et Masing, 1983; les plateaux de palses d'Åhman, 1977), ont toutes subi l'influence du pergélisol. Dans le Haut-Subarctique continental, des polygones à fentes de

gel se forment communément dans les bogs de plateau tourbeux; on trouve aussi parfois de ces coins de glace dans les bogs de plateau tourbeux du Haut-Subarctique humide.

Terres humides boréales

Dans ces régions de terres humides, les hivers sont froids et les étés doux (tableau 1–3). Les précipitations sont modérées au centre du continent et abondantes dans les terres côtières. Même si les terres humides des quatres régions boréales se ressemblent essentiellement une différenciation thermique est apparente, car de petits noyaux de pergélisol persistent encore sous forme de bogs de palse et de plateau tourbeux dans la région des terres humides du Haut-Boréal. Le nombre et le degré de développement de diverses formes de terres humides indiquent un gradient continental d'humidité dans l'air. Dans la partie ouest semi-humide de ces régions, les terres humides se produisent seulement là où il y a des dépressions ou une source additionnelle d'eau. Les formes dominantes sont les fens alimentés par une eau souterraine minérotrophe. Il y a peu de bogs et le plus souvent leur surface dépasse à peine la nappe phréatique riche en éléments minéraux. Dans la partie est, plus humide, des régions boréales, les bogs soulevés deviennent beaucoup plus nombreux. Il y a beaucoup de précipitations, ce qui favorise la croissance des mousses qui forment la tourbe. C'est ainsi que les bogs acquièrent une surface soulevée, chacune ayant une nappe phréatique située bien au-dessus de la nappe phréatique gravifique de la cuvette originale. Dans la région boréale la plus tempérée, le Bas-Boréal, les bogs soulevés et différentes formes de fens sont choses communes et l'apparition de marécages à végétation luxuriante de conifères et de feuillus indique leur affinité certaine pour les régions les plus méridionales.

Terres humides des Prairies

Ces régions sont soumises à de faibles précipitations, des hivers froids et des étés doux (tableau 1–3). Le peu de précipitations et les longues périodes de sécheresse ne permettent pas la croissance de la végétation qui forme la tourbe; c'est pourquoi il y a peu de fens et pas de bogs. Les marais et les eaux peu profondes qui se trouvent dans bon nombre de dépressions ou de cuvettes peuvent être sujets à de sérieuses baisses du niveau d'eau. Les sels se concentrent alors dans les dépressions où ils peuvent être dilués par l'eau de fonte au printemps et précipités à l'été; il se forme souvent un lac salé résiduel dans la partie la plus profonde de la cuvette.

Terres humides tempérées

Les hivers doux et les étés doux caractérisent ces régions; les précipitations sont modérément abondantes (tableau 1–3). La douceur du climat et l'abondance des précipitations favorisent la croissance d'une végétation luxuriante dans les terres humides. Les marécages, densément boisés, sont communs dans les régions modérément humides; des marais se forment dans les dépressions les plus humides. Les marécages peuvent être constitués de forêts de conifères ou de différentes essences feuillues. Il ne s'y forme habituellement que de la tourbe ligneuse bien humifiée. Beaucoup de marécages se forment sur des accumulations de tourbe, formée lors d'une phase antérieure d'évolution de la terre humide. Les bogs, d'habitude à centre convexe, se forment dans des régions qui s'y prêtent sur le plan hydrologique. Les fens sont plutôt rares.

Terres humides océaniques

Ces régions sont caractérisées par des précipitations très abondantes et des températures douces (tableau 1–3). La pluie est tellement abondante que la végétation hydrophile, notamment les mousses et laîches qui forment la tourbe, parvient à envahir même les terrains en pente raide. Il peut y avoir plus de 1 m de tourbe sur ces tourbières en pente. Souvent il se forme sur les pentes de petites mares endiguées par une tourbe compacte et résistante.

Terres humides de montagnes

Ces régions de montagnes sont caractérisées surtout par un climat profondément influencé par un gradient d'altitude. Les terres humides qui s'y trouvent ressemblent généralement aux terres humides climatiquement correspondantes des basses terres plus au nord. La distribution des terres humides est limitée par la topographie en pente raide; les terres humides peuvent se développer de façon limitée dans les vallées ou sur les voûtes ou les crêtes plates. Il y a une exception notable à cette catégorie : les montagnes sous l'influence d'un climat océanique où l'on trouve des tourbières sur des terrains en pente raide.

Méthodologies

On peut mesurer les paramètres physiques et chimiques de la tourbe, des sols minéraux et de l'eau à l'aide de différentes méthodes d'analyse (Clymo, 1983). De la même façon, la végétation vivante se prête à diverses approches d'échantillonnage et de description, de l'échantillonnage détaillé de parcelles à l'échantillonnage rapide de reconnaissance du terrain. Les caractérisations des terres humides présentées dans cet ouvrage ont été élaborées par plus de 75 chercheurs oeuvrant dans différentes régions du pays

et employant différentes techniques d'échantillonnage et d'analyse qui reflètent toutes les objectifs cherchés. C'est pourquoi on n'a pas adopté de norme.

Suit ci-bas une liste brève des techniques d'échantillonnage et des analyses les plus courantes. On compte le prélèvement d'échantillons de tourbe et d'eau, l'étude des propriétés physiques et chimiques de ces échantillons, ainsi que l'échantillonnage de la végétation et la description des lieux. Il y a d'autres paramètres écologiques comme ceux concernant la faune, la sauvagine, les insectes, l'utilisation des terres, la valeur et la vulnérabilité des emplacements. Mais ils ne font pas l'objet du présent ouvrage; c'est pourquoi il n'en est pas directement question ici ni dans les chapitres suivants. On tente d'identifier des unités équivalentes qui auraient un pendant dans la documentation. Les divers désavantages des méthodes sont notés de façon a aider le lecteur à bien évaluer les résultats présentés dans cet ouvrage ou dans la documentation.

Échantillonnage d'eau et de tourbe

Les composantes des terres humides les plus échantillonnées sont l'eau et la tourbe prélevées à différentes profondeurs. Les méthodes d'échantillonnage sont d'habitude adaptées à l'information cherchée et peuvent donc varier considérablement. Dans tous les cas, cependant, il importe d'éviter toute contamination ou altération des échantillons à partir du moment du prélèvement jusqu'à celui de l'analyse. Dans certains cas, surtout pour l'analyse de composés organiques, il faut refroidir immédiatement les échantillons afin de minimiser l'activité biologique ou chimique.

D'habitude on prélève l'eau dans de petites dépressions creusées à la surface de la tourbe. L'eau peut être siphonée, retirée avec une seringue ou pompée et transvasée une fois les matières en suspension déposées dans un contenant fermé hermétiquement (Schwintzer, 1978). Les échantillons d'eau prélevés en profondeur peuvent être obtenus en enfonçant dans le sol un tuyau de plastique entaillé. Le fond du tuyau est bouché et l'eau pénètre par les fentes, mais non les particules de tourbe. Après un certain temps, on peut retirer, à l'aide d'une pompe, l'eau prélevée aux profondeurs souhaitées.

Il y a différents échantillonneurs de tourbe en usage concus pour diverses circonstances afin d'assurer la précision d'échantillonnage requise. L'échantillonneur Hiller est constitué d'un tube creux avec une fente sur un côté. On obtient un échantillon par rotation de l'échantillonneur à la profondeur souhaitée ce qui permet à une courte aube d'entraîner un échantillon dans la cavité de l'appareil. L'échantillon est donc perturbé, mais il donne une indication rapide de la nature de la tourbe à toute profondeur. Les échantillonneurs a piston, semblables aux appareils utilisés pour le prélèvement de sédiments lacustres, compriment souvent la tourbe, notamment quand elle est fibreuse ou contient du bois. L'échantillonneur de tourbe russe, connu aussi en Amérique du Nord sous le nom d'échantillonneur de tourbe Macaulay (Jowsey, 1966), est beaucoup utilisé pour prélever des échantillons non perturbés à toute profondeur voulue. L'échantillonneur est constitué d'une cavité mi-cylindrique qui est fermée quand la sonde est enfoncée dans la tourbe. À la profondeur souhaitée, la sonde est tournée d'un demi-tour et se trouve à tailler la tourbe en s'appuyant sur une plaque d'ancrage et à enfermer l'échantillon dans la cavité de façon à éviter toute contamination lors du retrait de l'échantillonneur. On peut utiliser des échantillonneurs manuels de 5 cm de diamètre ou moins jusqu'à une profondeur de 8 m. Cependant, la mousse fibreuse et sèche ou des racines vivantes compliquent le prélèvement d'échantillons dans les premiers 30 cm de beaucoup de tourbières.

Un profileur de tourbe portatif par coupe a été mis au point récemment en Hollande (E.C.P. Wardenaar, communication personnelle). C'est une boîte rectangulaire d'acier inoxydable aux bords tranchants et divisée en deux moitiés égales sur le sens de la longueur. Le profileur est planté dans la tourbe et un mouvement de va-et-vient permet d'enfoncer les moitiés tour à tour. La colonne de tourbe ainsi prélevée n'est pas du tout perturbée, ni comprimée, et se prête à une étude descriptive, au prélèvement de sous-échantillons ou à la constitution en bloc pour démonstration (figure 1–2). Les échantillons ne peuvent être prélevés que dans le premier mètre de tourbe.

La tourbe gelée en permanence résiste à la pénétration. Une sonde Hoffer modifiée, à diamètre réduit et complètement portative, s'est révélée efficace dans l'extraction de petits échantillons de tourbe gelée jusqu'à 5 m de profondeur (Zoltai, 1978). Les sondes à carottes manuelles ou mécaniques donnent de bons résultats dans la tourbe. Les problèmes éprouvés avec les sondes à carottes de grand diamètre peuvent être surmontés par l'utilisation de cavités plus courtes et de diamètre réduit (de 3.8 à 7.6 cm de diamètre intérieur) (Veillette et Nixon, 1980). Puisque l'échantillon est obtenu en découpant un sillon autour de la carotte, celle-ci n'est pas du tout perturbée.

Propriétés physiques de la tourbe

On obtient la teneur en humidité de la tourbe par séchage dans un four à 105°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (Sheldrick, 1984). La perte en poids correspond à la perte de l'eau qui était contenue dans l'échantillon. Les résultats peuvent être exprimés en pourcentage gravimétrique ou volumétrique. La teneur en humidité exprimée par rapport au poids sec atteint souvent des valeurs très élevées dont l'interprétation est malcommode. La teneur en humidité exprimée par rapport au poids donne des résultats faciles d'interprétation pour la tourbe saturée. Les méthodes gravimétriques ont les inconvénients suivants : (1) la tourbe dont la teneur en cendres est

élevée donne de faibles lectures d'humidité; et (2) la tourbe non saturée donne des lectures d'humidité exagérées. Les problèmes sont réglés quand on détermine la teneur en humidité par volumétrie. Cependant, il est souvent difficile d'obtenir des échantillons de tourbe d'un volume connu. La densité de l'ensemble de la tourbe peut être calculée en déterminant le poids d'un cm^3 de tourbe séchée au four. L'unité de poids utilisée dans les études géotechniques (Landva *et al.*, 1983) est le poids d'un certain volume (par exemple, 1 cm^3) d'un échantillon intact.

La teneur en cendres de la tourbe est déterminée par oxydation d'un échantillon de tourbe séchée au four. La perte en poids par calcination ou digestion donne la proportion de matières organiques contenue dans la tourbe; le reste est la teneur en cendres. Il y a différentes techniques (Andrejko *et al.*, 1983), mais règle générale, la calcination à température modérée (375–500 °C) donne de bons résultats. Les résultats sont exprimés en pourcentage du poids sec de la tourbe. Les techniques par voie humide, c'est-à-dire par digestion de la matière organique dans des solutions très caustiques, donnent également des résultats fiables, mais nécessitent beaucoup de précautions (Andrejko *et al.*, 1983).

Le degré de décomposition peut être déterminé par solubilité de la tourbe dans les pyrophosphates (Schnitzer et Desjardins, 1965). Pour déterminer, sur le terrain le degré de décomposition d'une tourbe (humification) on écrase une poignée de tourbe dans la main et on observe la couleur et la consistance de ce qui s'échappe entre les doigts. On évalue les résultats par comparaison à l'échelle d'humification de von Post (von Post, 1922). La détermination de la teneur en fibres frottées ou non de la tourbe (McKeague, 1978) mesure également la décomposition. Une étude comparative (Stanek et Silc, 1977) a montré que la méthode von Post donne des résultats fiables quand le technicien est expérimenté.

Analyse chimique de la tourbe et de l'eau

Il est préférable de déterminer dès l'échantillonnage la concentration en ions hydrogène (H^+) de l'eau, exprimée en unités de pH, puisqu'un retard même de quelques heures peut fausser substantiellement les résultats. Même les pH-mètres portatifs ou les indicateurs de pH sont préférables à la mesure différée, même précise du pH. La conductivité spécifique peut être mesurée sur le terrain ou en laboratoire avec un conductivimètre. Les résultats sont exprimés en mS/cm ou en µS/cm. Dans les articles qui datent de quelques années, on trouve les unités équivalentes exprimées en mmhos/cm ou en mmhos/cm. La conductivité attribuable aux ions hydrogène est souvent soustraite (facteur de correction K) pour faciliter la comparaison des résultats obtenus à partir d'échantillons d'eau à acidité différente (Sjörs, 1950). Les corrections en mS/cm présentées dans le tableau 1–9 peuvent être soustraites des valeurs de conductivité spécifique obtenue à 20°C (Sjörs, 1950).

La conductivite spécifique constitue une indication très utile du niveau trophique de l'eau. Dans les tourbières, on attribue la majeure partie de la conductivité à la teneur en calcium de l'eau (Gorham, 1956).

La composition chimique de la tourbe peut être déterminée par l'examen de différents extraits choisis selon le but de l'étude. Ainsi, les éléments extractibles à l'acétate d'ammonium donnent, croit-on, une bonne idée de la quantité des éléments nutritifs à la disposition des plantes. D'un autre côté, la composition élémentaire totale indique, croit-on, une réserve potentielle d'éléments nutritifs. Avec l'acétate d'ammonium, la tourbe séchée et pulvérisée est saturée avec ce produit; les principaux éléments (potassium K, Ca, Mg, sodium [Na]) de l'extrait sont dosés, habituellement par spectrophotométrie d'absorption atomique (McKeague, 1978). Les résultats sont d'habitude exprimés en milliéquivalents (mé) par 100 g de tourbe séchée.

Figure 1–2.
Prélèvement de tourbe dans un fen boisé pour établir un profil.

Dans l'analyse élémentaire totale on réduit l'échantillon en cendres. La digestion est préférable car certains éléments, notamment le soufre (S), peuvent se volatiliser lors de la calcination. Ensuite on traite la cendre à l'acide chlorhydrique et l'acide nitrique. L'extrait est analysé par spectrophotométrie d'absorption atomique ou au moyen de techniques plus avancées, telles la spectrophotométrie à plasma à couplage inductif. Avec les techniques modernes, on peut doser la plupart des éléments, à l'exception de l'azote (N), de l'oxygène (O) et du carbone (C), à partir d'un seul extrait. Certains éléments comme le mercure (Hg), le sélénium (Se) et l'arsenic (As) ne peuvent être dosés de manière fiable parce qu'ils se présentent de façon faiblement concentrée et grandement diluée dans les extraits. On utilise donc des méthodes spéciales dans ces cas.

Les résultats sont exprimés en milligrammes par kilogramme (parties par million), en milligrammes par gramme ou en pourcentage du poids sec. Il arrive parfois que la teneur en éléments nutritifs soit exprimée par la teneur de certains composés, par exemple, des oxydes. Dans ces cas, il faut procéder à une conversion calculée à partir des poids atomiques du genre de celle calculée pour le calcium par Lishtvan et Tanovitsky (1979). On détermine souvent la teneur en azote de la tourbe. On obtient en général l'azote total, y compris le nitrate et le nitrite, par la méthode Kjeldahl (McKeague, 1978) ou par d'autres méthodes. Le carbone organique est souvent calculé (Sheldrick, 1984). On détermine souvent la présence de différents composés organiques (par exemple, les acides organiques, les sucres, les fractions cellulosiques) pour obtenir des renseignements spéciaux sur la composition de la tourbe.

Analyse de la végétation

Il existe plusieurs méthodes standard pour recueillir les données sur la distribution de la végétation, en faire l'analyse et établir les corrélations entre ces données ou avec divers paramètres du milieu. Il faut veiller à choisir une méthode assez sensible pour se prêter à l'étude de la végétation de divers microhabitats qui se trouvent dans les tourbières. Le Groupe de travail national sur les terres humides (Tarnocai, 1983) a préparé une feuille détaillée de relevés sur le terrain, qui a été publiée par Agriculture Canada en 1983.

On utilise souvent des techniques palynologiques standard pour l'analyse du contenu pollinique de la tourbe (Faegri et Iversen, 1975). Les résultats comprennent l'apport en pollen de sources locales, des milieux environnants et de l'ensemble de la région. Cela pourrait réduire l'utilité des analyses polliniques comme moyen d'étude des terres humides, à moins que les résultats ne soient interprétés avec soin. D'autre part, les échantillons de tourbe qui ne contiennent pas de macrofossiles recèlent souvent du pollen qui peut être attribué à la végétation locale des terres humides.

Tableau 1–9. Facteurs correctifs (K) pour la conductivité spécifique en µS/cm pour une plage de valeurs de pH

pH	*Facteur correctif (K)*	*pH*	*Facteur correctif (K)*
3,5	103	4,5	10
3,6	82	4,6	8
3,7	65	4,7	6
3,8	52	4,8	5
3,9	41	4,9	4
4,0	32	5,0	3
4,1	26	5,1	3
4,2	20	5,2	2
4,3	16	5,3	2
4,4	13	5,4	1

On peut examiner les macrofossiles dans la tourbe pour découvrir quelles communautés végétales ont contribué à sa formation. Beaucoup de vestiges végétaux permettent de classer la plante d'origine jusqu'à l'espèce ou au moins jusqu'au genre, selon l'état de conservation du spécimen et l'habilité et le temps à la disposition du chercheur. Lors de l'interprétation des résultats, il ne faut pas perdre de vue qu'une mince couche de tourbe peut avoir mis un siècle à se former et qu'au cours de cette période, il a pu se produire plusieurs changements dans la communauté végétale. En outre, une fois formée, la tourbe sert de sol pour des générations successives et peut contenir des vestiges des racines de ces plantes.

Dans cet ouvrage, la nomenclature des plantes vasculaires est fondée sur Scoggan (1978), qui a ecrit la seule flore générale du pays. Il peut y avoir à l'occasion des disparités avec les clés régionales; dans ces cas, on donne la nomenclature régionale entre parenthèses. On utilise la terminologie d'Ireland *et al.* (1980) dans la classification des mousses et celle de Hale (1979) dans la classification des lichens.

Sommaire

Les neuf chapitres suivants étudient de façon plus approfondie les terres humides du Canada. L'étude des conditions du milieu qui déterminent l'évolution des terres humides, comme le climat, la physiographie et la végétation, se fait par région. On utilise la documentation et des nouvelles informations pour une étude poussée des terres humides communes courantes des diverses régions ou caractéristiques de ces dernières. On étudie chaque forme de terres humides dans le contexte de tout son milieu : on traite de la végétation, de l'hydrologie et de la chimie

des milieux antérieurs et actuels des terres humides et on identifie des séquences évolutives possibles. Ces renseignements sont ensuite résumés de façon à présenter schématiquement les processus écologiques qui ont mené à la formation des terres humides dans chaque grande région de terres humides. Enfin, on considère les terres humides dans le contexte de leur utilisation actuelle et des possibilités futures. Le lecteur trouvera à l'annexe I une liste de définitions et un aperçu du système de classification des terres humides et, à la fin de l'ouvrage, un glossaire et la liste des affiliations des auteurs.

Cet ouvrage présente l'information connue sur nos terres humides à un public de spécialistes plutôt grand, soit les géographes, les hydrologistes, les botanistes, les forestiers, les biologistes, les pédologues, les ingénieurs et d'autres spécialistes concernés par l'étude et l'utilisation prudente de nos terres humides. Il va de soi que certains lecteurs auraient souhaité trouver plus de détails. Ils trouveront dans la bibliographie les sources donnant accès à une information plus complète. Dans certains cas, l'information n'existe pas et les lacunes de notre savoir se révèlent.

Au Canada, il reste de vastes étendues de terres humides inexplorées dont l'étude ajoutera sans doute considérablement à nos connaissances. Les progrès techniques et de nouvelles applications pour les techniques d'analyse élargiront nos horizons. Le présent ouvrage fait le point de nos connaissances actuelles qui sont réunies en une seule source de référence, dans l'espoir de promouvoir la recherche dans ce domaine. Ces connaissances et la sensibilité du public à la question sont essentielles à la préparation et à l'application de programmes de conservation des terres humides au Canada.

Remerciements

Les personnes suivantes ont participé à la révision et ont commenté ce chapitre; nous leur en sommes reconnaissants. Ce sont : G. Adams, P. Grondin, R. Hebda, H. Hirvonen, J. Johnson, G. Mills, E. Oswald, J. Pojar, C. Rubec, C. Tarnocai et H. Veldhuis. Le tableau 1–8 a été préparé par C. Rubec.

Bibliographie

ÅHMAN, R. 1977. Palsar i Nordnorge. L'Université royale de Lund, Suède. Séries du département de Géographie. Avhandlingar nº 78. 165 p.

ALDERMAN, T. 1965. It's a nuisance. Imperial Oil Review 49(3):6–10.

ANDREJKO, M.J., F. FIENE, ET A.D. COHEN. 1983. Comparison of ashing techniques for determination of the inorganic content of peats. *Dans* Testing of peats and organic soils. P.M. Jarrett, directeur de publication. American Society for Testing and Materials. Special Technical Publication nº 820. p. 5–20.

BELLAMY, D.J. 1972. Templates of peat formation. *Dans* Compte rendu, 4th International Peat Congress. Volume 1. Helsinki, Finlande. p. 7–18.

BLAKE, W., JR. 1972. Climatic implications of radiocarbon-dated driftwood in the Queen Elizabeth Islands, Arctic Canada. *Dans* Climatic changes in arctic areas during the last ten-thousand years. Y. Vasari, H. Hyvarinen, and S. Hicks, directeurs de publication. Acta Universitatis Ouluensis, Series A, Sciientiae Rerum Naturalium nº 3, Geologica nº 1. p. 77–104.

BOTCH, M.S., ET V.V. MASING. 1983. Mire ecosystems in the USSR. *Dans* Ecosystems of the world. Volume 4B. Mires: swamp, bog, fen and moor. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 95–152.

CLYMO, R.S. 1983. Peat. *Dans* Ecosystems of the world. Volume 4A. Mires: swamp, bog, fen and moor. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 159–224.

COMITÉ CANADIEN DE PÉDOLOGIE. 1978. Le système canadien de classification des sols. Direction générale de la recherche, Agriculture Canada. Publication nº 1646. Ottawa, Ontario. 164 p.

COUILLARD, L. 1978. Étude de la végétation de deux tourbières de l'Île à Samuel, archipel de Mingan. Mémoire de fin d'études, département de Biologie, Université de Laval, Québec, Québec. 153 p.

COUILLARD, L., ET P. GRONDIN. 1986. La végétation des milieux humides du Québec. Les publications du Québec. Ministère de l'environnement du Québec. Québec, Québec. 376 p.

COWARDIN, L.M., V. CARTER, F.C. GOLET, ET E.T. LAROE. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior. Rapport nº FWS/OBS-79/31. 103 p.

DAMMAN, A.W.H. 1986. Hydrology, development, and biochemistry of ombrogenous peat bogs with special reference to nutrient relocation in a western Newfoundland bog. Journal canadien de botanique 64:384–394.

DAMMAN, A.W.H., ET J.J. DOWHAN. 1981. Vegetation and habitat conditions in Western Head Bog, a southern Nova Scotia plateau bog. Journal canadien de botanique 59:1343–1359.

DIONNE, J.C. 1979. Radiocarbon dates on peat and tree remains from James Bay area, subarctic Quebec. Journal canadien de la recherche des forêts 9:125–129.

DIONNE, J.C. 1984. Palses et limite méridionale du pergélisol dans L'Hemisphère Nord: le cas de Blanc-Sablon, Québec. Géographie physique et Quaternaire 38:165–184.

DIRECTION DES EAUX INTÉRIEURES. 1970. Surface water data, Saskatchewan. Relevé des eaux du Canada, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. 147 p.

DIRECTION GÉNÉRALE DES EAUX INTÉRIEURES. 1977. Water quality data, Saskatchewan 1961–1975. Direction de la qualité des eaux, Pêches et Environnement Canada. Ottawa, Ontario. 300 p.

DOUGLAS, R.J.W., H. GABRIELSE, J.O. WHEELER, D.F. STOTT, ET H.R. BELYEA. 1970. Geology of western Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Série de la géologie économique, rapport nº 1. 5e édition. Ottawa, Ontario. p. 367–488.

DU RIETZ, G.E. 1949. Huvudenheter och Huvudgränser I Svensk Myrvegetation. Svensk Bot. Tidskr. Volume 43. Uppsala, Suède. p. 274–309.

DU RIETZ, G.E. 1954. Die Mineralbodenwasserzeigergrenze als Grundlage einer natürlichen Zweigliederung der nord- und mitteleuropäischen Moore. Vegetatio 5-6:571–585.

EUROLA, S. 1962. Über die regionale Einteilung der südfinnischen Moore. Annals of the Botanical Society. "Vanamo" 33(2):1–243.

FAEGRI, K., ET J. IVERSEN. 1975. Textbook of pollen analysis. Hafner Press. New York, New York.

FOSTER, D.R., ET G.A. KING. 1984. Landscape features, vegetation and developmental history of a patterned fen in south–eastern Labrador, Canada. Journal of Ecology 72:115–143.

GAUTHIER, R. 1980. La végétation des tourbières et les sphaignes du parc des Laurentides, Québec. Laboratoire d'écologie forestière, Université de Laval. Études écologiques nº 3. Québec, Québec. 91 p.

GAUTHIER, R., ET M.M. GRANDTNER. 1975. Étude phytosociologique des tourbières du Bas Saint-Laurent, Québec. Le Naturaliste canadien 102:109–153.

GERARDIN, V., P. GRONDIN, ET M. LEBEL. 1984. Les tourbières de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord: description et distribution. Service des inventaires écologiques, Ministère de l'environnement du Québec. Serie de l'Inventaire du Capital-Nature, nº 4. Québec, Québec. 155 p.

GLASER, P.H., G.A. WHEELER, E. GORHAM, ET H.E. WRIGHT, JR. 1981. The patterned mires of the Red Lake peatland, northern Minnesota: vegetation, water chemistry and landforms. Journal of Ecology 69:575–599.

GORE, A.J.P. 1983. Introduction. *Dans* Ecosystems of the world. Volume 4A. Mires: swamp, bog, fen and moor. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 1–34.

GORHAM, E. 1956. The ionic composition of some bog and fen waters in the English Lake District. Journal of Ecology 44:142–152.

GRIFFIN, K.O. 1977. Paleoecological aspects of the Red Lake peatland, northern Minnesota. Journal canadien de botanique 55:172–192.

GRONDIN, P., ET J. OUZILLEAU. 1980. Les tourbières du sud de la Jamésie. Géographie physique et Quaternaire 34:267–299.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986a. Distribution des terres humides au Canada. *Dans* Canada, les terres humides. Folio cartographique. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986b. Les régions des terres humides au Canada. *Dans* Canada, les terres humides. Folio cartographique. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

HALE, M.E. 1979. How to know the lichens. The Pictured Key Nature Series, William C. Brown Company Publishers. Dubuque, Iowa. 246 p.

HEBDA, R.J. 1983. Late-glacial and postglacial vegetation history at Bear Cove Bog, northeast Vancouver Island, British Columbia. Journal canadien de botanique 61:3172–3192.

HOCHBAUM, G.S. 1983. Waterfowl of the prairie provinces and Northwest Territories: populations, habitat and management. *Dans* 1st Western Hemisphere Waterfowl and Waterbird Symposium. H. Boyd, directeur de publication. Service canadien de la faune, Environnement Canada. p. 34–36.

INGRAM, H.A.P. 1983. Hydrology. *Dans* Ecosystems of the world. Volume 4A. Mires: swamp, bog, fen and moor. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 67–158.

IRELAND, R.R., C.D. BIRD, G.R. BRASSARD, W.B. SCHOFIELD, ET D.H. VITT. 1980. Checklist of the mosses of Canada. Musée national des sciences naturelles. Publications dans Botany nº 8. Ottawa, Ontario. 75 p.

JAQUES, D., ET C. HAMEL. 1982. Système de classification des terres humides du Québec. Laboratoire d'étude de macrophytes aquatiques, département des Sciences biologiques. Université du Québec à Montréal, pour la Direction générale de la faune, Ministère du loisir, de la chasse et de la pêche du Québec. Québec, Québec. 131 p.

JEGLUM, J.K., A.N. BOISSONNEAU, ET V.F. HAAVISTO. 1974. Toward a wetland classification for Ontario. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Rapport d'information 0-X-215. Sault-Sainte-Marie, Ontario. 54 p.

JOWSEY, P.C. 1966. An improved peat sampler. New Phytology 65:245–248.

KATZ, N.Y. 1948. Tipy bolot S.S.S.R. i Zapadnoi Yevropy i ikh geograficheskoe rasprostranenie. Geografgiz. Moscow, URSS. 320 p.

KEYS, D., D.E. Gemmel, ET R.E. HENDERSON. 1982. New Brunswick peat: resources, management and development potential. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial, et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre, 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 222–236.

KIVINEN, E., ET P. PAKARINEN. 1981. Geographical distribution of peat resources and major peatland complex types in the world. Annales Academiae Scientarium Fennicae, Series A, III. Geologica-Geographica No. 123. 28 p.

KULCZYNSKI, S. 1949. Peat bogs of Polesie. Mémoires de l'Académie polonais de sciences et lettres, Série 15. Cracovie, Pologne. 356 p.

LANDVA, A.O., E.O. KORPIJAAKKO, ET P.E. PHEENEY. 1983. Geotechnical classification of peats and organic soils. *Dans* Testing of peats and organic soils. P.M. Jarrett, directeur de publication. American Society for Testing and Materials. Special Technical Publication No. 8320. p. 37–51.

LEBEL, C. 1986. La végétation des tourbières de la région Mistassini-Sainte-Marguerite-Marie, Lac-Saint-Jean, Québec. Thèse de M.Sc., Faculté des Arts, Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec. 94 p.

LISHTVAN, I.I., ET I.G. TANOVITSKY. 1979. Actual problems pertaining to efficient use and protection of peat deposits. *Dans* Compte rendu, International Symposium on Classification of Peat and Peatlands, International Peat Society. Helsinki, Finlande. p. 318–328.

MACFARLANE, I.C. 1958. Guide to a field description of muskeg. Conseil national de recherches du Canada. Mémoire technique nº 44. Ottawa, Ontario 36 p.

MCKEAGUE, J.A. 1978. Manual on soil sampling and methods of analysis. Société canadienne des sciences du sol. 2e édition. 212 p.

MILLAR, J.B. 1976. Wetland classification in western Canada. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Séries de rapport nº 37. Saskatoon, Saskatchewan. 38 p.

MOORE, P.D., ET D.J. BELLAMY. 1974. Peatlands: a guide to marshes and shallow open water wetlands in the grasslands and parklands of the prairie provinces. Springer-Verlag New York Inc. New York, New York. 221 p.

NICHOLS, H. 1967. Pollen diagrams from subarctic central Canada. Science 155:1665–1668.

OSVALD, H. 1925. Die Hochmoortypen Europas. Veroff. Geobot. Inst. Eidg. Tech. Hochsch. Stift. Volume 3. Rubel. Zurich, Suisse. p. 707–723.

POLLETT, F.C. 1972. Nutrient contents of peat soils in Newfoundland. *Dans* Compte rendu, 4th International Peat Congress. Volume 3. Helsinki, Finlande. pp. 461–468.

PREST, V.K. 1970. Quaternary geology of Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Série de la géologie économique nº 1. 5e édition. Ottawa, Ontario. p. 675–764.

RADFORTH, N.W. 1952. Suggested classification of muskeg for the engineer. Engineering Journal 35:1199–1210.

RADFORTH, N.W. 1969a. Classification of muskeg. *Dans* Muskeg engineering handbook. I.C. MacFarlane, directeur de publication. University of Toronto Press. Toronto, Ontario. p. 31–52.

RADFORTH, N.W. 1969b. Airphoto interpretation of muskeg. *Dans* Muskeg engineering handbook. I.C. MacFarlane, directeur de publication. University of Toronto Press. Toronto, Ontario. p. 53–77.

RAINVILLE, A. 1983. Étude de la végétation des tourbières de Natashquan. Mémoire de fin d'études, Faculté de foresterie et de géodésie, Université de Laval. Québec, Québec. 72 p.

RITCHIE, J.C. 1976. The late-Quaternary vegetational history of the western interior of Canada. Journal canadien de botanique 54:1793–1818.

RITCHIE, J.C., L.C. CWYNAR, ET R.W. SPEAR. 1983. Evidence from north–west Canada for an early Holocene Milankovitch thermal maximum. Nature 305:126–128.

ROWE, J.S. 1972. Forest regions of Canada. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Publication nº 1300. Ottawa, Ontario. 172 p.

RUUHIJÄRVI, R. 1960. Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore. Annals of the Botanical Society. "Vanamo" 31(1):360.

SCHNITZER, M., ET J.G. DESJARDINS. 1965. Carboxyl and phenolic hydroxyl groups in some organic soils and their relation to the degree of humification. Journal canadien de la science du sol 45:257–264.

SCHWINTZER, C.R. 1978. Vegetation and nutrient status of northern Michigan fens. Journal canadien de botanique 56:3044–3051.

SCHWINTZER, C.R., 1981. Vegetation and nutrient status of northern Michigan bogs and conifer swamps with a comparison to fens. Journal canadien de botanique 59:842–853.

SCOGGAN, H.J. 1978. The flora of Canada. Musée national des sciences naturelles. Publications dans Botany nº 7. Ottawa, Ontario. 1 711 p.

SHELDRICK, B.H. 1984. Analytical methods manual 1984. Institut de recherches sur les terres, Agriculture Canada. Contribution nº 84-30. Ottawa, Ontario.

SJÖRS, H. 1950. On the relation between vegetation and electrolytes in north Swedish mire waters. Oikos 2:241–258.

SJÖRS, H. 1961. Surface patterns in boreal peatlands. Endeavour 20:217–224.

SJÖRS, H. 1963. Bogs and fens on Attawapiskat River, northern Ontario. Musées nationaux du Canada. Bulletin nº 186. Ottawa, Ontario. p. 45–133.

SJÖRS, H. 1969. Bogs and fens in the Hudson Bay Lowlands. Arctic 12:3–19.

SJÖRS, H. 1976. Successional trends in boreal peatlands. *Dans* Compte rendu, 5th International Peat Congress. Warsaw, Pologne. p. 22–28.

SJÖRS, H. 1983. Mires of Sweden. *Dans* Ecosystems of the world. Volume 4B. Mires: swamp, bog, fen and moor. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 69–94.

SLACK, N.G., D.H. VITT, ET D.G. HORTON. 1980. Vegetation gradients of minerotrophically rich fens in western Alberta. Journal canadien de botanique 58:330–350.

STANEK, W., J.K. JEGLUM, ET L. ORLOCI. 1977. Comparisons of peatland types using macronutrient contents of peat. Vegetatio 33:163–173.

STANEK, W., ET T. SILC. 1977. Comparisons of four methods for determination of degree of peat humification (decomposition) with emphasis on the von Post method. Journal canadien de la science du sol 57:109–117.

STEWART, R.E., ET H.A. KANTRUD. 1972. Vegetation of prairie potholes, North Dakota, in relation to quality of water and other environmental factors. *Dans* Hydrology of prairie potholes in North Dakota. United States Geological Survey. Professional Paper 585-D. 36 p.

TANSLEY, A.G. 1911. Types of British vegetation. Cambridge University Press. Cambridge, Royaume-Uni. 416 p.

TARNOCAI, C. 1978. Genesis of organic soils in Manitoba and the Northwest Territories. *Dans* Compte rendu, 3rd York University Symposium on Quaternary Research, Geographical Abstracts. Norwich, Royaume-Uni. p. 453–470.

TARNOCAI, C. 1980. Canadian wetland registry. *Dans* Compte rendu, Workshop on Canadian Wetlands. C.D.A. Rubec et F.C. Pollett, directeurs de publication. Direction générale de terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire, nº 12. Ottawa, Ontario. p. 9–39.

TARNOCAI, C. 1983. Peatland inventory methodology used in soil surveys. *Dans* Compte rendu, Peat and Inventory Methodology Workshop. S.M. Morgan et F.C. Pollett, directeurs de publication. Institut de recherches sur les terres, Agriculture Canada et le Centre de recherches sur les forêts de Terre-Neuve, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. p. 13–22.

TARNOCAI, C. 1984. Peat resources of Canada. Conseil national de recherches du Canada. Publication nº 24140. Ottawa, Ontario. 17 p.

TAYLOR, J.A. 1983. The peatlands of Great Britain and Ireland. *Dans* Ecosystems of the world. Volume 4B. Mires: swamp, bog, fen and moor. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 1–46.

TERASMAE, J. 1963. Three C-14 dated pollen diagrams from Newfoundland, Canada. Advances in Frontiers of Plant Science (New Delhi) 6:149–162.

TERASMAE, J. 1970. Postglacial muskeg development in northern Ontario. Associate Committee on Geotechnical Research, Conseil national de recherches du Canada. Mémoire technique nº 99. Ottawa, Ontario. p. 73–90.

UNITED STATES SOIL CONSERVATION SERVICE, SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. United States Soil Conservation Service. Agricultural Handbook 436. 754 p.

VEILLETTE, J.J., ET F.M. NIXON. 1980. Portable drilling equipment for shallow permafrost sampling. Commission géologique du Canada. Document 79-21. Ottawa, Ontario. 35 p.

VITT, D.H., P. ACHUFF, ET R.E. ANDRUS. 1975. The vegetation and chemical properties of patterned fens in the Swan Hills, north central Alberta. Journal canadien de botanique 53:2776–2795.

VON POST, L. 1922. Sveriges geologiska undersöknings torvinventering och nagra av dess hittills vunna resultat. Svensk Mosskulturförening. Tidskr. 1:1–27.

WARDENAAR, E.C.P. (communication personnelle). Juin 1986. Université d'Amsterdam, Amsterdam, Pays-Bas.

WEBB, T., P.J.H. RICHARD, ET R.J. MOTT. 1983. A mapped history of Holocene vegetation in southern Québec. *Dans* Climatic change in Canada. Volume 3. C.R. Harrington, directeur de publication. Musées nationaux du Canada. Syllogeus Series nº 49. Ottawa, Ontario. p. 273–329.

WELLS, E.D. 1981. Peatlands of eastern Newfoundland: distribution, morphology, vegetation, and nutrient status. Journal canadien de botanique 59:1978–1997.

WELLS, E.D., ET F.C. POLLETT. 1983. Peatlands. *Dans* Biogeography and ecology of the Island of Newfoundland. G.R. South, directeur de publication. Dr. W. Junk Publishers. La Haye, Pays-Bas. p. 207–266.

WELLS, E.D., F.C. POLLETT, ET E.R. DAWE. 1983. Peatland inventories for Newfoundland: methodology and application. *Dans* Compte rendu, Peatland Inventory Methodology Workshop. S.M. Morgan et F.C. Pollett, directeurs de publication. Institut de recherche sur les terres, Agriculture Canada, et le Centre du recherches sur les forêts de Terre-Neuve, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. p. 25–34.

WILLIAMS, G.P. 1968. The thermal regime of a *Sphagnum* peat bog. *Dans* Compte rendu, 3rd International Peat Congress. Québec, Québec. p. 195–200.

WRIGHT, H.E., JR. 1964. The classification of the Wisconsin glacial stage. Journal of Geology 72:628–637.

WRIGHT, H.E., JR., ET P.H. GLASER. 1983. Postglacial peatlands of the Lake Agassiz plain, northern Minnesota. *Dans* Glacial Lake Agassiz. J.T. Teller et L. Clayton, directeurs de publication. Geological Association of Canada. Document spécial nº 26. p. 375–389.

ZOLTAI, S.C. 1978. A portable sampler for perennially frozen stone-free soils. Journal canadien de la science du sol 58:521–523.

ZOLTAI, S.C., ET J.D. JOHNSON. 1985. Development of a treed bog island in a minerotrophic fen. Journal canadien de botanique 63:1076–1085.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1975. Perennially frozen peatlands in the western Arctic and Subarctic of Canada. Journal canadien des sciences de la terre 12:28–43.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1976. Basis for regional wetland studies. Associate Committee on Geotechnical Research, Conseil national de recherches du Canada. Mémoire technique nº 116. Ottawa, Ontario. p. 49–57.

ZOLTAI, S.C., F.C. POLLETT, J.K. JEGLUM, ET G.D. ADAMS. 1975. Developing a wetland classification for Canada. *Dans* Compte rendu, 4th North American Forest Soils Conference. B. Bernier et C.H. Winget, directeurs de publication. Presses de l'Université de Laval. Québec, Québec. p. 497–511.

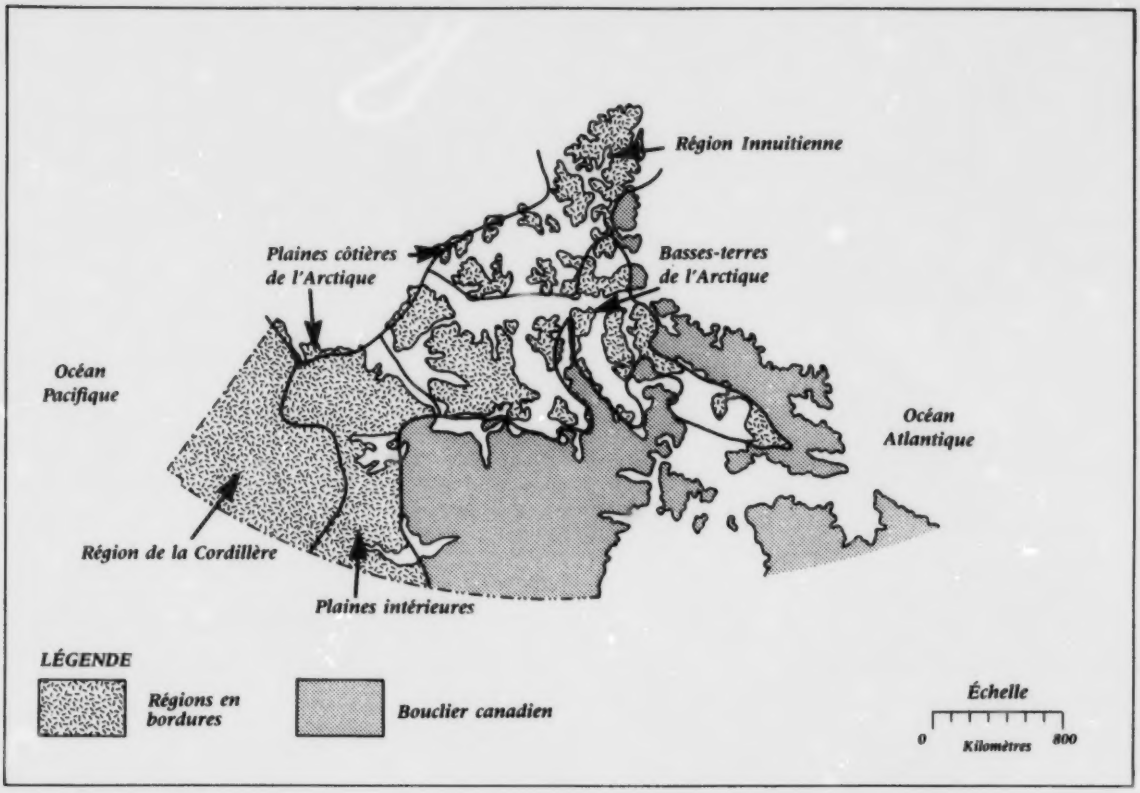
2 Terres humides de l'Arctique canadien

C. Tarnocai
S.C. Zoltai

Terres humides de l'Arctique canadien

L'Arctique canadien s'étend vers le nord depuis la ligne de végétation arborescente sur 2 759 940 km², ce qui représente environ 30 % de la superficie totale du Canada. Les terres humides, présentes dans toute la région, sont très courantes dans la partie sud de l'Arctique (région des terres humides du Bas-Arctique), mais elles le sont moins dans les parties centrale et septentrionale (régions des terres humides de l'Arctique moyen et du Haut-Arctique) (Groupe de travail national sur les terres humides, 1986). Presque toutes les terres humides en milieu arctique sont associées au pergélisol, lequel joue un rôle très important dans leur formation.

Nous traiterons dans le présent chapitre de toutes les formes de terres humides de l'Arctique, à l'exception des marais salés que nous examinerons au chapitre 9.



Source: Bostock (1980).

Figure 2–1.
Régions physiographiques de l'Arctique canadien.

Cadre naturel

Géographie

L'Arctique canadien se compose de deux zones présentant des caractéristiques physiographiques et géologiques distinctes : un noyau de roches cristallines massives du Précambrien formant le Bouclier canadien, et une zone de roches plus jeunes à prédominance sédimentaire formant les régions en bordure. Une subdivision de ces grandes unités physiographiques est donnée à la figure 2–1 et leur description, présentée dans les prochaines sections, est tirée principalement des travaux de Bostock (1970) et de Prest (1970).

Le Bouclier canadien, montagneux à une certaine époque, a été aplani au cours d'une longue période d'érosion où il a été transformé en une pénéplaine ondulante dominée par la roche du soubassement. Durant le dernier million d'années, le Bouclier a été érodé et modifié davantage par des glaciations successives. Cette région se compose principalement de vastes étendues de collines ondulantes et de vallées parsemées de nombreux lacs et terres humides. Celles-ci sont abondantes dans le district de Keewatin et dans la partie sud de la Terre de Baffin, deux régions situées dans la partie du Bas-Arctique du Bouclier. À ces endroits, les formes de terres humides les plus courantes sont les polygones de basses terres, les fens et les marais. Les marais se sont formés surtout le long des côtes bien que des marais d'eau douce existent également à l'intérieur des terres. Les terres humides, notamment celles qui sont associées à la tourbe (tourbières), sont moins courantes dans la partie nord du Bouclier, dans la péninsule de Boothia et dans le centre et le nord de la Terre de Baffin.

La région physiographique des basses terres de l'Arctique est caractérisée par un terrain légèrement ondulé à montagneux. Les terres humides les plus courantes sont les polygones à centre concave, les bogs de monceau tourbeux et les marais; il y a aussi de rares tourbières sous forme de polygones à centre convexe. Ces polygones sont plus fréquents sur la Terre de Banks et dans le sud de la Terre de Victoria. Les marais salés sont courants le long des côtes et, là où le rivage est plat, notamment sur la côte nord-est de l'île Victoria, sur l'île Stefansson et dans le centre-ouest de l'île Prince-de-Galles, ils pénètrent souvent des eaux peu profondes et des marais d'eau douce.

La région Innuitienne, située au nord de la région des basses terres de l'Arctique, présente des reliefs variés. Les îles du Haut-Arctique situées dans le centre et l'ouest de la région sont caractérisées par un terrain plat à ondulé et, dans l'est, par des montagnes fortement accidentées. Dans cette région, les terres humides les plus répandues sont les marais salés le

long des côtes et les marais d'eau douce. L'une des plus importantes concentrations de marais d'eau douce se trouve dans la vallée Polar Bear sur l'île Bathurst.

La région de la plaine côtière de l'Arctique est une bande de 50 à 100 km de largeur qui longe l'océan Arctique, de l'île Meighen jusqu'en Alaska. Cette région des îles arctiques se compose généralement de plaines d'abrasion marine ou alluviales, de collines ondulantes peu élevées et de terrasses. Dans le delta du Mackenzie, la région comprend non seulement le delta actuel mais aussi les vestiges des deltas plus anciens et certaines caractéristiques fluvio-marines. Les terres côtières du Yukon présentent un terrain ondulé ainsi que des terres basses et mal drainées contiguës à la côte. Les terres humides sont très répandues sur la côte du Yukon et dans le delta du Mackenzie où elles se présentent surtout sous forme de polygones à centre convexe et à centre concave, de fens, de marais et de plans d'eau peu profonde. Dans les îles arctiques, les marais dominent, bien qu'il y ait beaucoup de tourbières (des polygones à centre convexe et à centre concave) sur la Terre de Banks.

L'extrême limite septentrionale des plaines intérieures et de la Cordillère s'étend aussi jusque dans l'Arctique. La partie arctique des plaines intérieures est formée de terrain ondulé et de collines et de quelques plaines côtières situées en contrebas. Les terres humides sont communes dans la partie est des plaines; les polygones à centre convexe et à centre concave, les fens, les marais et les lacs peu profonds y sont très nombreux. Bien que des marais salés se soient formés tout le long de la côte, les terres humides sont beaucoup plus rares dans les régions du plateau Hornaday et du lac Bluenose où les plus communes sont les marais d'eau douce des rives de lacs peu profonds et des basses terres. La région de la Cordillère présente un relief montagneux fortement accidenté où les rares terres humides sont des marais qui se sont formés en bordure des cours d'eau et dans des dépressions mal drainées.

Climat

Les courants atmosphériques, la distance de l'équateur, les influences continentales et maritimes et les particularités de la surface terrestre sont des facteurs qui déterminent le climat. Ils revêtent une importance particulière dans l'Arctique canadien. Non seulement expliquent-ils les fluctuations saisonnières extrêmes de la longueur du jour, mais ils influent sur l'angle d'incidence des rayons du soleil. L'absence d'éclairement solaire durant les longues nuits d'hiver de l'Arctique entraîne un refroidissement constant des surfaces recouvertes de neige et de glace. Durant l'été, où l'éclairement est continu, un rayonnement solaire intense pénètre l'atmosphère de l'Arctique et atteint les mers et les surfaces englacées. À cause du coefficient de réflexion relativement élevé de ces surfaces et de la présence fréquente de couverture nuageuse, seule une faible portion de cette énergie parvient à réchauffer la surface terrestre. Non seulement l'Arctique connaît-il une fluctuation extrêmement marqué du rayonnement solaire en fonction des saisons, mais il capte beaucoup moins d'énergie solaire durant l'année que les régions plus au sud.

Le climat de l'archipel arctique canadien est de type continental influencé par la mer. Durant les trois mois les plus froids, les températures moyennes varient de $-27°$ C dans le sud à $-33°$ C dans le centre et le nord. Les températures demeurent généralement inférieures à $-20°$C durant toute cette période et s'élèvent rarement au-dessus du point de congélation d'octobre à mai. Les îles arctiques, dont le climat est influencé par la mer, ne connaissent pas les températures minimales records mesurées dans certaines stations du Yukon. Durant la saison où la couverture de glace est continue sur les mers et les chenaux, il n'y a généralement pas de nuages dans l'Arctique. Bien que des dépressions traversent parfois la région, l'air froid est trop sec pour permettre la formation de nuages de neige, de sorte que les chutes de neige sont très faibles. Même si un froid arctique persistant et de faibles précipitations nivales sont typiques du climat hivernal de l'Arctique, ce n'est que lorsqu'il y a des grands vents que les activités à l'extérieur, comme les déplacements, sont dangereuses, toute activité peut devenir impossible quand ces conditions sont accompagnées de fortes rafales de neige. Les terres où le climat est le plus rigoureux, c'est-à-dire où les blizzards sont les plus fréquents, ne se trouvent pas dans les îles du Haut-Arctique mais plutôt sur la côte est de l'Arctique et la côte du Keewatin baignée par la baie d'Hudson. En effet, dans ces terres, l'activité cyclonique est nettement plus intense et les vents violents sont plus fréquents que partout ailleurs.

Durant les mois d'été (juin, juillet et août), on observe souvent des stratus peu élevés et des brouillards côtiers. Durant cette période, les plans d'eau sont, dans une large mesure, libres de glace et le manteau nival disparaît, sauf les calottes des hautes montagnes glaciaires dans la partie orientale de l'archipel arctique canadien. De vastes superficies, surtout dans le sud de l'Arctique, sont caractérisées par des terres humides et des sols saturés parce que l'humidité produite par les précipitations et la fonte de la neige est retenue dans la couche active à cause du pergélisol sous-jacent qui empêche l'infiltration de l'eau. Les pluies représentent moins de la moitié des précipitations annuelles; il en tombe environ de 70 mm à 140 mm sur le continent, de 17 mm à 68 mm dans les îles du Haut-Arctique et 46 mm dans le sud de la Terre de Baffin. Le terrain saturé et les cours d'eau partiellement englacés agissent sur le climat en augmentant suffisamment la teneur en humidité de l'atmosphère pour entraîner la formation de gros nuages bas et de bancs de brouillard tout en maintenant les températures de l'air à quelques degrés au-dessus de 0° C. Pendant ces mois d'été, les plus doux de l'année, les températures sont constantes le long des côtes et dans les îles : elles se main-

tiennent généralement entre 3° C et 6° C dans les îles arctiques et entre 8° C et 11° C sur la terre ferme. Ce n'est que lors de rares et brèves périodes d'ensoleillement que la température dépasse 31° C sur le continent ou 20° C dans les îles. Elle augmente ainsi beaucoup plus souvent dans le sud de l'Arctique, notamment dans les terres éloignées de la côte.

Écologie régionale et terres humides

Pour des raisons écologiques, la limite de la végétation arborescente délimite les régions arctiques et subarctiques (Savile, 1972). Les arbres du milieu subarctique ne peuvent se développer dans l'Arctique à cause du climat extrêmement rigoureux qui limite le repeuplement et la croissance. Les terres humides de l'Arctique sont uniques en leur genre, car elles se sont formées dans des conditions climatiques particulières.

Dans l'Arctique tel que nous le définissons, la distribution et la croissance de la végétation diffèrent d'une partie à l'autre. Comme partout ailleurs, les caractéristiques du sol (texture, bilan des éléments nutritifs et humidité) et le climat local influent sur la formation des communautés végétales. Trois formations végétales ont été identifiées à l'échelle du continent : végétations de la toundra, des terres polaires semi-désertiques et du désert polaire. La toundra englobe les terres froides, où la végétation non arborée (y compris les mousses et les lichens) couvrent entre 80 et 100 % de la superficie (Bliss, 1979). Les terres polaires semi-désertiques sont recouvertes de plantes vasculaires sur 5 à 20 % de la surface (Bliss *et al.*, 1973) et la couverture végétale au total s'étend sur 10 à 80 % de la superficie. Dans les déserts polaires, ces valeurs sont respectivement de 5 % ou moins et de 10 % ou moins (Bliss *et al.*, 1973). Les formations végétales des terres humides de l'Arctique sont généralement du type toundra, même dans les terres où le climat est très rigoureux.

Quoiqu'on trouve certains éléments de ces grandes communautés végétales dans toutes les parties de l'Arctique, la toundra domine tout le continent tandis que la végétation des terres polaires semi-désertiques domine le sud de l'archipel arctique et la végétation du désert polaire, le nord (Bliss, 1977). Ces terres forment les trois régions de terres humides de l'Arctique canadien, soit celles du Bas-Arctique, de Arctique moyen et du Haut-Arctique (voir les sections suivantes de ce chapitre). Certaines formes de terres humides se trouvent dans l'ensemble de l'Arctique alors que d'autres, de par leur nature, leur genèse ou le développement de la tourbe, sont caractéristiques d'une région donnée.

Haut-Arctique

Dans le Haut-Arctique, la végétation du désert polaire (plantes cespiteuses et joncs épars) caractérise les bas plateaux. Les terres humides, qui sont entièrement recouvertes de mousses et de laîches, se sont formées dans des dépressions et sur des versants où des bancs de neige permanents ou à fonte tardive maintiennent une humidité constante. Le pergélisol s'étend sur toute la région et la couche active est mince (de 20 à 25 cm) dans les terres humides et plus profonde (de 50 à 60 cm) sur les bas plateaux dénudés. Les types de sols à figure les plus courants sont les polygones de coins de glace et les monceaux tourbeux bombés.

Arctique moyen

Dans l'Arctique moyen, une végétation composée d'arbustes rabougris et de laîches caractérise les bas plateaux, où elle recouvre généralement moins de 50 % de la superficie. Sur les versants, des plantes cespiteuses, des laîches et des plantes non-ligneuses forment un tapis végétal lacuneux. Des laîches et des mousses dominent les versants humides, surtout ceux qui sont associés aux bancs de neige. Dans les terres humides, les laîches et les mousses forment une couverture fermée. Les espèces du genre *Sphagnum* ne croissent généralement pas dans cette région; dans les rares zones où elles poussent, elles sont si peu nombreuses qu'elles contribuent peu à la formation de la tourbe. Le pergélisol est présent sur les bas plateaux et dans les terres humides. La couche active mesure environ 70 cm d'épaisseur sur les bas plateaux et environ 30 cm d'épaisseur dans les terres humides. Les phénomènes dus au gel sont très répandus dans la région et les polygones de coins de glace sont plus communs dans les terres humides.

Bas-Arctique

Dans le Bas-Arctique, la végétation caractéristique des bas plateaux est la toundra de bruyères et de lichens. Une végétation arbustive, notamment *Betula glandulosa* et *Salix* spp., croît sur les versants et en bordure des cours d'eau. Dans les terres humides, les laîches et les espèces d'*Eriophorum* dominent. Diverses espèces du genre *Sphagnum* abondent toujours dans les terres humides et sur certains versants humides. Le pergélisol est continu. La profondeur de la couche active (qui dégèle en été) varie d'un à deux mètres sur les bas plateaux et mesure environ 50 cm dans les terres humides. Les phénomènes dus au gel sont communs tant sur les bas plateaux que dans les terres humides, mais les polygones de coins de glace sont plus répandus dans les terres humides.

Classement et distribution des terres humides dans l'Arctique

Les terres humides de l'Arctique sont associées aux tourbières et aux cryosols organiques, mais se trouvent parfois également sur des sols minéraux

humides qui se présentent où la nappe phréatique est superficielle, près de la surface du sol ou au-dessus de celle-ci dans les zones envahies périodiquement par des eaux de marées. Ces terres humides minérales sont associées à des cryosols gleysoliques ou, dans les dépôts alluviaux récents, à des gleysols. Les cryosols gleysoliques associés à des buttes et des touffes d'herbe ne sont pas des terres humides étant donné que la nappe phréatique profonde est généralement située juste au-dessus du plafond de pergélisol. Certains polygones à centre convexe fortement érodés, notamment ceux de l'Arctique moyen et du Haut-Arctique, sont également exclus des terres humides. Quoiqui'ls sont apparus au départ sous forme de terres humides, ils n'en sont plus à cause de modifications du drainage provoquées par des phénomènes d'équilibre isostatique ou d'autres processus naturels.

Dans l'Arctique, les terres humides sont généralement clairsemées mais il y a de fortes concentrations locales. Elles recouvrent au total moins de 3 à 5 % environ des terres situées au nord de la limite des arbres au Yukon et dans les Territoires du Nord-Ouest. Il y a d'importantes concentrations de terres humides sur la plaine côtière septentrionale du Yukon, dans le delta du Mackenzie, dans la partie occidentale de l'île Banks, sur la côte nord-est de la Terre de Victoria, dans les basses terres du centre de l'île Bathurst, dans les basses terres du golfe Reine-Maude, dans la région de la baie Native et de la plaine Boas de l'île Southampton, dans les basses terres Truelove dans le nord de l'île Devon, dans la région du lac Hazen de la Terre d'Ellesmere, dans les basses terres Murchison de la péninsule Boothia, dans la région de la baie Creswell de l'île Somerset, et dans des parties des îles Prince-Charles, Spicer, Rowley et Air Force ainsi que dans la grande plaine de la Koukdjuak dans le sud-ouest de la Terre de Baffin. Dans ces régions, les terres humides recouvrent au minimum plus de 20 % et au maximum 75 % de la superficie (Groupe de travail national sur les terres humides, 1986).

Les terres humides ont été répertoriées au cours de plusieurs études de reconnaissance des terres menées à l'échelle régionale. Le plus important inventaire englobe les terres humides de toutes les régions de la côte de la mer de Beaufort et du passage du Nord-Ouest et comprend 19 cartes établies à une échelle de 1:500 000. Cet inventaire d'Environnement Canada compte également une fiche signalétique de deux pages portant sur la classification des terres humides, la végétation, les sols, l'utilisation des terres et la vulnérabilité et le statut légal de plus de 400 milieux dominées par des terres humides identifiées sur les cartes (Lynch-Stewart *et al.*, 1984). Des études de géologie superficielle et de la végétation effectuées à diverses échelles ont aussi permis de cartographier les terres humides ou les sols organiques sur de vastes superficies, dont l'île Melville (Edlund, 1986), la péninsule de Boothia, l'île Cornwallis et le nord du district de Keewatin (Tarnocai *et al.*, 1976), la vallée et le delta du Mackenzie (Zoltai et Pettapiece, 1973) et le sud-ouest de la Terre de Baffin et de l'île Coats (C.D.A. Rubec, communication personnelle; Rubec *et al.*, 1983). Les cartes de la Série d'information sur l'utilisation des terres nordiques, publiées par Environnement Canada et Affaires indiennes et du Nord Canada, englobent toutes les régions du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest situées au sud du 76° de latitude Nord. Ces cartes écologiques, établies à une échelle de 1:250 000, donnent des renseignements sur la répartition des terres humides, les sols, le relief, la végétation et l'utilisation de la faune.

Régions de terres humides de l'Arctique

Dans l'Arctique, la formation et la distribution des diverses terres humides diffèrent nettement d'une région à l'autre. Les régions caractérisées par des terres humides présentent des conditions écologiques semblables qui ont donc abouti à la formation de terres humides similaires. Les trois grandes régions de terres humides de l'Arctique sont données à la figure 2–2. Voici leur description.

Région de terres humides du Haut-Arctique (AH)

Cette région englobe toutes les îles du Haut-Arctique du Canada, y compris le nord et le nord-est de la Terre de Baffin. Son climat continental modifié par la mer est caractérisé par de courts étés frais, de longs hivers froids et des précipitations très peu abondantes. Le tableau 2–1 résume les données climatiques de cette région. La température annuelle moyenne y est de −14.7°C; la température moyenne de juillet est de 4.4°C et la température moyenne de janvier, de −29.1°C. Le nombre moyen de degrés-jours au-dessus de 5°C atteint 46.9. La moyenne annuelle des précipitations de pluie est de 165 mm et de neige 120.8 cm. Le pergélisol s'étend sur toute la région. La couche active est d'environ 20 à 30 cm de profondeur dans les tourbières et de 30 à 40 cm de profondeur sous les fens humides. L'épaisseur de la tourbe (en moyenne d'environ 50 cm) est minimale. Les marais de la région ne sont généralement pas associés à de la tourbe.

Les formes de terres humides que l'on relève couramment dans le Haut-Arctique sont les fens polygonaux à centre concave des basses terres, qui sont souvent associés à des mares de toundra peu profondes, et les bogs de monceau tourbeux. Dans cette région, la tourbe se forme très lentement et il n'existe pas de polygones à centre convexe actifs. Les bogs polygonaux à centre convexe fortement érodés qu'on observe dans les îles du Haut-Artique se sont développés à une époque où le climat était plus doux et on les considère comme des vestiges de cette époque. Le long de la côte et dans les terres situées en contrebas,

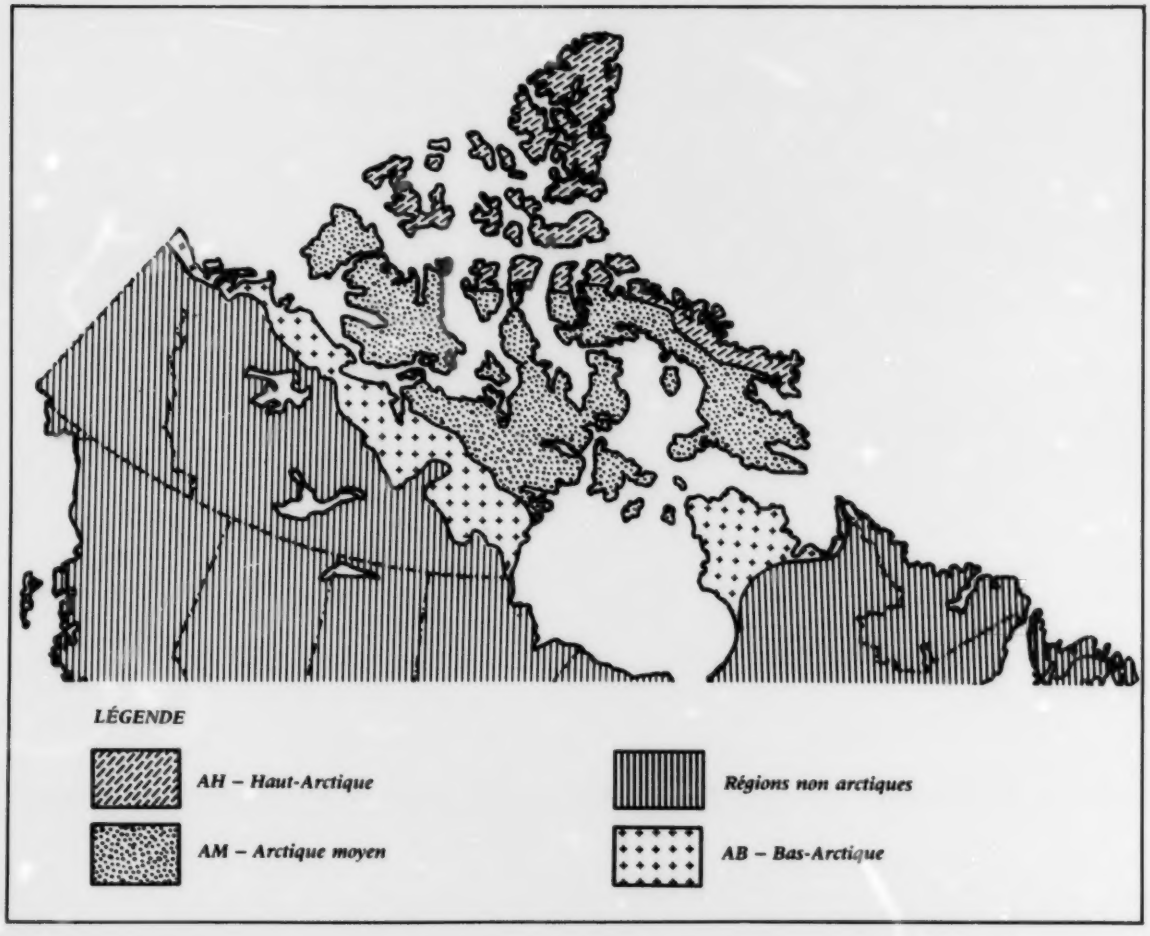


Figure 2–2.
Les régions de terres humides arctiques du Canada.

les marais et les eaux peu profondes sont nombreux. À cause de l'aridité du Haut-Arctique, les terres humides sont rares et se trouvent surtout dans les basses terres locales et le long des basses terres côtières.

Sur les fens, la végétation est composée essentiellement de *Carex* spp. et de *Drepanocladus revolvens*. Les polygones à centre convexe sont dénudés parce qu'ils s'érodent activement. Les monceaux tourbeux sont associés à des lichens et à des mousses.

Région de terres humides de l'Arctique Moyen (AM)

Cette région de terres humides englobe certaines îles arctiques canadiennes (les Terres de Banks et de Victoria, l'île Somerset et le sud de l'île Prince-de-Galles), une large part du sud et du nord-ouest de la Terre de Baffin et le nord et le centre-nord du district de Keewatin. Le climat de cette région, qui est de type continental modifié par la mer, est caractérisé par de courts étés frais, de longs hivers froids et des précipitations très peu abondantes. Un résumé des données climatiques est donné au tableau 2–1. La température annuelle moyenne de cette région est de −13.6°C; la température moyenne de juillet est de 6.6°C et celle de janvier, de −30.9°C. Le nombre moyen de degrés-jours au-dessus de 5°C est de 138.2. La moyenne annuelle des précipitations de pluie est de 185.9 mm et de neige, 103 .cm Le pergélisol est présent dans toute la région. La couche active mesure environ 30 cm de profondeur dans les tourbières et 40 cm de profondeur dans les fens humides. L'épaisseur de la tourbe est généralement inférieure à 150 cm sur les monceaux tourbeux et à 50 cm sur les fens. Les marais de cette région ne sont pas associés à de la tourbe.

Dans cette région, les terres humides les plus courantes sont les fens polygonaux à centre concave des basses terres. Les rares bogs polygonaux à centre convexe des basses terres sont actuellement érodés. Certains fens horizontaux ont également été repérés, particulièrement dans les dépressions et sur des pentes qui bénéficient du suintement de bancs de

neige. Ces fens comportent souvent des monceaux tourbeux surélevés. Les marais salés sont répandus le long des basses terres côtières.

Sur les fens, le tapis végétal est composé de *Carex* spp., et de *Eriophorum* spp.; des mousses comme *Aulacomnium turgidum* et *Drepanocladus revolvens* poussent aussi. Il peut aussi y avoir de petites touffes isolées de *Sphagnum fuscum* et de *Sphagnum nemoreum*. Ces sphaignes poussent souvent sur des roches surbmergées dans les fens et parfois les touffes

froids et des précipitations peu abondantes. Les données climatiques sont résumées au tableau 2–1. La température annuelle moyenne de la région est de −10.6°C; la température moyenne de juillet est de 9.1°C et celle de janvier, de −28.6°C. Le nombre moyen de degrés-jours au-dessus de 5°C est de 287.4. La moyenne annuelle des précipitations de pluie est de 244.3 mm et de neige, de 109.8 cm. Le pergélisol est présent dans toute la région. La couche active mesure environ 40 cm de profondeur sous les poly-

Tableau 2–1. Données climatiques pour les régions des terres humides arctiques

Région de terres humides	*Données statistiques*	*Temp. moyenne annuelle (°C)*	*Temp. quot. moy. de juillet (°C)*	*Temp. quot. moy. de janvier (°C)*	*Moyenne des degrés-jours de plus de 5°C*	*Précipitations moy. ann. tot. (mm)*	*Chutes de neige moy. ann. (cm)*
Haut-Arctique	Nombre de stations	13	13	13	13	11	11
	Moyenne	−14.7	4.4	−29.1	46.9	165.0	120.8
	Plage	−7.9 à −19.7	3.2 à 5.6	−19.8 à −34.7	21.4 à 77.2	61.0 à 313.3	28.6 à 250.0
Arctique moyen	Nombre de stations	15	15	15	15	15	15
	Moyenne	−13.6	6.6	−30.9	138.2	185.9	103.0
	Plage	−8.7 à −16.1	5.9 à 7.9	−25.6 à −36.0	70.7 à 210.2	103.1 à 432.6	39.9 à 255.5
Bas-Arctique	Nombre de stations	10	10	10	10	10	10
	Moyenne	−10.6	9.1	−28.6	287.4	244.3	109.8
	Plage	−6.7 à −12.2	6.2 à 11.7	−22.2 à −33.0	142.0 à 393.9	109.4 à 386.5	40.6 à 170.8

Source: Service de l'environnement atmosphérique (1982).

Haut-Arctique : *Alert, Arctic Bay, île Broughton, cap Dyer (précipitations non utilisées), cap Hooper, Clyde, Eureka, Isachsen, baie Mould, Pond Inlet (aucune donnée sur les précipitations), pointe Rea, Resolute, île Resolution.*

Arctique moyen : *Cambridge Bay, cap Parry, Frobisher Bay, pointe Gladman, Hall Beach, île Holman, île Jenny Lind, pointe Lady Franklin, escarpement Longstaff, anse Mackar, île Nottingham, Pelly Bay, Sachs Harbour, baie Shepherd, Spence Bay.*

Bas-Arctique : *Baker Lake, anse Chesterfield, pointe Clinton, lac Contwoyto, Coppermine, Coral Harbour, Inoucdjouac, Koartak, péninsule Nicholson, pointe Shingle.*

de sphaignes fondent ensemble pour former des monceaux tourbeux. À cause de l'accumulation de glace dans la tourbe, ces monceaux peuvent dépasser la surface du fen de 50 cm et constituent un type de palse de Arctique. Les monceaux sont recouverts de lichens, de sphaignes, d'arbustes de la famille des éricacées et de bouleaux nains (*Betula glandulosa*). Les polygones à centre convexe sont généralement soumis à l'érosion éolienne et sont donc entièrement dénudés.

Région de terres humides du Bas-Arctique (AB)

Cette région de terres humides s'étend sur la majeure partie de l'Arctique canadien continental. À l'exception des terres le long de la côte arctique qui subissent l'influence de la mer, le climat y est de type continental. Le climat continental arctique est caractérisé par des étés frais et courts, des hivers longs et

gones à centre convexe, de 60 à 80 cm de profondeur sous les fens humides et de 90 à 180 cm de profondeur sous les marais. En général, l'épaisseur maximale de la tourbe est d'environ 1.5 m sur les polygones à centre convexe, mais elle n'est que de 50 cm sur les fens polygonaux. Dans cette région, les marais ne sont pas recouverts d'une couche de tourbe.

Dans la région de terres humides du Bas-Arctique, les fens polygonaux à centre concave des basses terres sont de loin la forme la plus répandue de terres humides. Les marais abondent le long de la côte et dans les deltas et les mares peu profondes, dans la toundra. Dans cette région, on relève également des bogs de monceaux tourbeux et des fens horizontaux comportant des touffes de tourbe. Bien que les tourbières soient communes dans l'extrémité ouest de la région, elles sont rares ailleurs. Ces tourbières se sont surtout formées dans des dépressions où l'apport d'eau provient principalement du ruissellement ou de petits ruisseaux. De grandes étendues de toundra, recouvertes de graminées formant des buttes comme

Carex bigelowii et *Eriophorum vaginatum* sont exclues de la catégorie des terres humides parce qu'elles ne sont pas saturées d'eau durant toute l'année (Zoltai et Pollett, 1983), ce qui correspond à la définition des bogs de la toundra de Sibérie de Botch (1974).

Sur les polygones à centre concave, la végétation se compose surtout de laîches (*Carex* spp.), de linaigrettes (*Eriophorum* spp.) et de certaines mousses comme *Calliergon giganteum* et *Drepanocladus revolvens*. Sur les rebords des polygones (le long des crevasses) et sur les zones mieux drainées des polygones à centre convexe, croissent des bouleaux nains et des arbustes de la famille des éricacées. Des sphaignes poussent sur le bord des crevasses remplies d'eau, surtout près de la surface de celle-ci. Certains polygones à centre convexe subissent actuellement l'érosion, surtout par le vent, et la végétation y est clairsemée. De petits saules (de 1 à 2 m de hauteur), des laîches et des plantes herbacées poussent dans les marais des deltas.

Formes de terres humides de l'Arctique

Bogs et fens polygonaux des basses terres

Les régions de terres humides de l'Arctique comptent deux principaux types de polygones des basses terres : les polygones à centre convexe et les polygones à centre concave (Péwé, 1966). Les polygones à centre concave des basses terres sont classés parmi les fens et les polygones à centre convexe des basses terres, parmi les bogs.

Morphologie interne et externe

Les fens polygonaux à centre concave représentent le premier stade de développement des polygones des basses terres et les bogs à centre convexe sont des polygones ayant atteint la maturité.

Sur le plan morphologique, les polygones à centre concave ressemblent à un bol dont les rebords, qui ont été soulevés par les fentes de glace, forment des bourrelets et créent une petite mare (figures 2–3 et 2–4b). En moyenne, la couche de tourbe de ces polygones n'a que quelques centimètres d'épaisseur dans les îles arctiques et atteint jusqu'à 66 cm d'épaisseur dans le delta du Mackenzie (Zoltai et Tarnocai, 1975). De la tourbe à base de sphaignes repose sur la tourbe à base de laîches dans les crevasses et sur les rebords des polygones (figure 2–5b), mais une tourbe à base de laîches et une tourbe à base de laîches et de mousses dominent leur centre. La végétation est dominée par des laîches (*Carex* spp.) dans la partie centrale des polygones à centre concave tandis que leurs crevasses sont dominées par des lédons (*Ledum palustre* var. *decumbens*) et du *Sphagnum* spp. Le pergélisol est continu dans toute la région et s'étend même sous les mares peu profondes du centre des polygones.

Des dômes se forment dans les crevasses des polygones à centre convexe des basses terres (figures 2–3 et 2–4a). Les diamètres et les profondeurs de ces polygones varient mais, dans la région du delta du Mackenzie, les diamètres moyens sont de 8 m et les profondeurs moyennes (jusqu'au sol minéral) de 155 cm (Zoltai et Tarnocai, 1975). La tourbe associée aux polygones à centre convexe est constituée de mousses ligneuses, de laîches et de mousses brunes moyennement à bien décomposées. Dans la partie centrale des polygones à centre concave croissent des

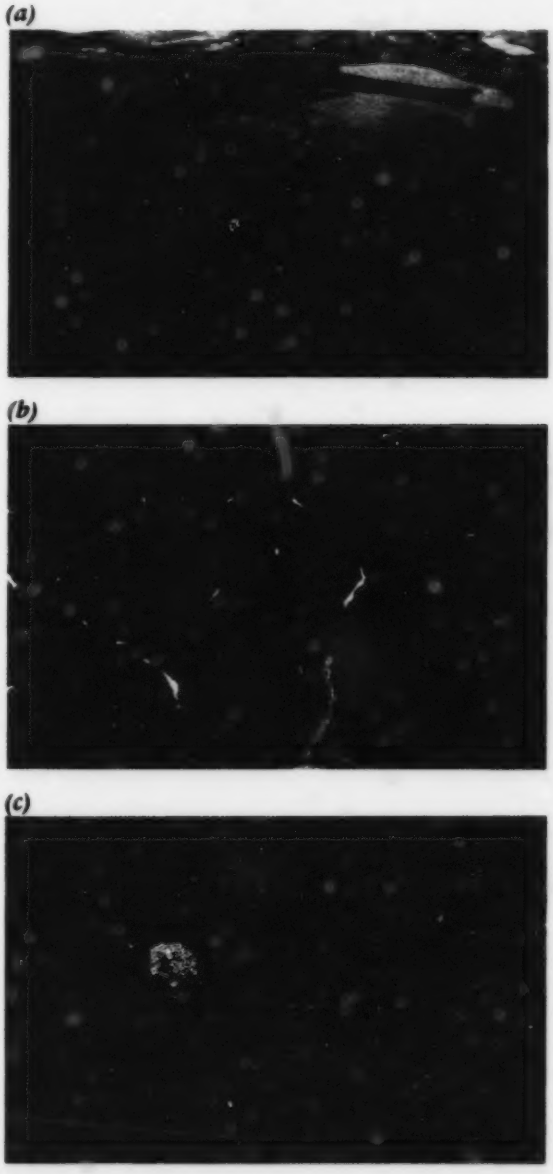


Figure 2–3.
Polygones de basses terres à divers stades de développement : de centre concave (a) à centre convexe (c). Photos prises : (a) à l'île Bathurst, (b et c) dans la région du delta du Mackenzie.

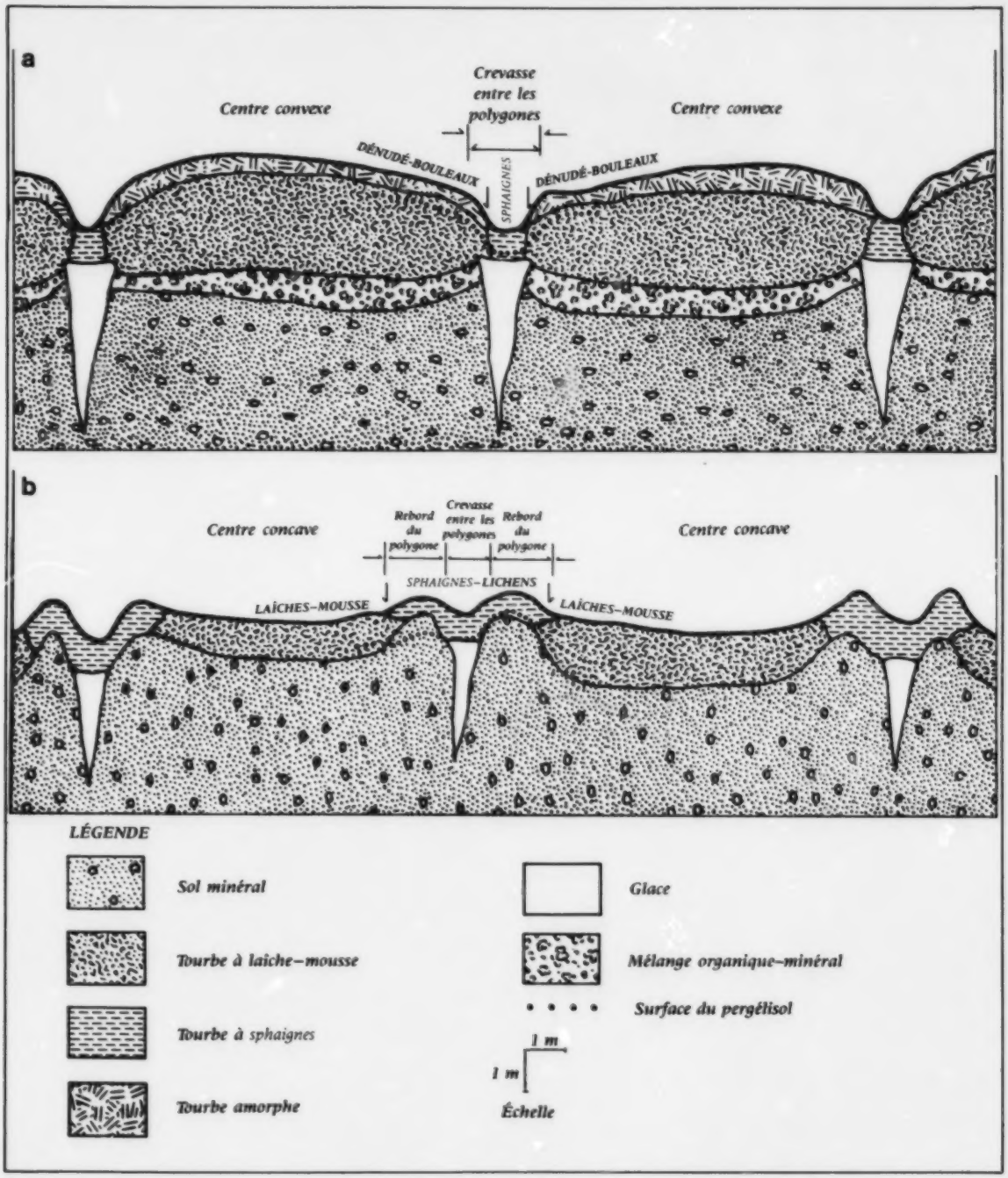


Figure 2–4.

Coupe transversale d'un polygone de basses terres à centre convexe (a) et à centre concave (b). Sites : (a) Lat. 68°58′ N, Long. 133°48′ O et (b) Lat. 69°56′ N, Long. 131°18′ O.

saules (*Salix* spp.), des lédons, des mousses et des lichens. Les crevasses des polygones renferment des sphaignes et un petit nombre de lédons.

Dans de nombreux polygones à centre concave et à centre convexe, la tourbe repose sur une épaisse couche de sol minéral et de sol organique mélangés, soumise à une forte cryoturbation. Dans la région du delta du Mackenzie, Zoltai et Tarnocai (1975) ont observé une telle couche dans près de la moitié des polygones à centre concave examinés, où elle est en moyenne de 44 cm d'épaisseur, et dans plus de 50 % des polygones à centre convexe, où ce chiffre passe à 152 cm. Dans les polygones affouillés des basses terres exposés par l'érosion côtière des bords de la

(a)

(b)

Figure 2–5.
Coin de glace exposé d'un polygone de basses terres à centre convexe le long de la côte Arctique près de Tuktoyaktuk (a) et crevasse d'un polygone de basses terres à centre concave dans la région du delta du Mackenzie (b).

mer de Beaufort, on a constaté que le mélange des sols organiques et minéraux était marqué dans la partie inférieure des dépôts. En outre, les lits se soulèvent généralement à proximité des coins de glace et il y a des intrusions (en traînées ou en langues) de matériaux organiques dans les strates adjacentes (figures 2–5a et 2–6).

Coins de glace et teneur en glace

Les nombreuses coins de glace qui se forment sous les crevasses des polygones constituent l'une des caractéristiques les plus remarquables des polygones des basses terres. La taille de ces coins varie considérablement d'un polygone à l'autre; les coins sont plus ou moins grands selon le stade d'évolution des polygones : les polygones à centre concave comportent généralement des coins de glace plus étroits et les polygones à centre convexe, des coins de glace plus larges (figure 2–5a). Bien que l'on reconnaisse que le degré d'humidité est un facteur qui influe sur la formation des coins de glace, ce n'est pas le facteur

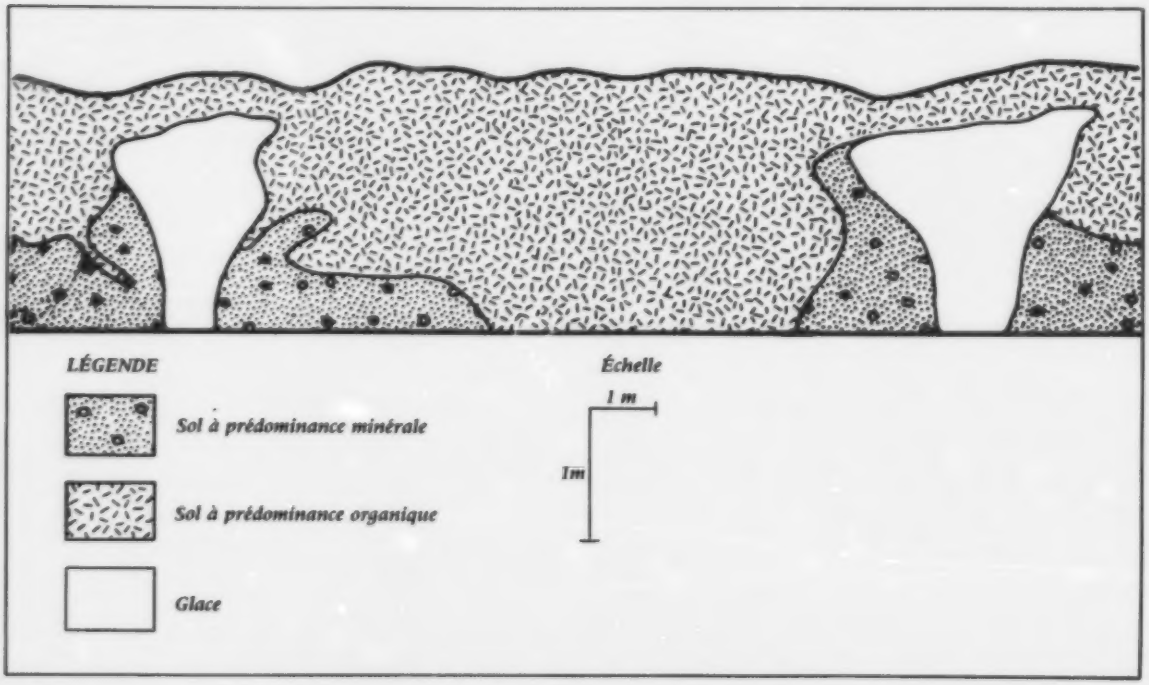


Figure 2–6.
Coupe transversale de polygones érodés par les vagues; le sol minéral est perturbé près des coins de glace. Site : Lat. 69°23' N, Long. 133°20' O.

prédominant dans les polygones des basses terres. La plupart des coins de glace associés aux polygones de basses terres ont 1 à 2 m de largeur près de la surface et se prolongent dans le sol sur 2.5 à 3 m; ils forment un coin de glace, régulière ou légèrement irrégulière. Ces coins sont dus à des contractions d'origine thermique (Black, 1976). Les fissures apparaissent lorsque la température du sol tombe en-deça de −15°C à −20°C. À ce moment, le volume de la glace qui se trouve dans le sol diminue et le sol gelé se fend. D'après Lachenbruch (1962) et Mackay (1972), les chutes rapides de températures au-dessous de 0°C fournissent généralement le climat le plus propice à la formation de fentes par contraction thermique. D'après Black (1976), sous l'effet d'une diminution de la temperature de 10°C, la longueur d'un segment de glace de 10 m variera d'environ 5 mm. Black (1952, 1960) a mesuré des coins de gel en Alaska et a découvert qu'ils ne s'allongeaient que de 0.5 à 1 mm par année. Mackay (1974) a réalisé des études semblables dans la région du delta du Mackenzie, où il a observé, sur une période de six ans, que les coins de glace augmentaient au maximum d'environ 2 mm par année. Selon McKay (1974), le taux d'augmentation de la majorité des coins était nettement inférieur à 1 mm par année, car seulement 40 % des coins de glace étudiés se sont prolongés tous les ans. MacKay (1974) a également découvert que la plupart des fissures se forment à une distance de 5 à 10 cm des coins de l'année précédente, que très peu de ces fissures se continuent sur plus de 3 à 4 m et que leur fréquence est inversement proportionnelle à l'épaisseur du manteau nival.

On a constaté que la teneur moyenne en glace de la tourbe gelée en permanence varie de 80 à 90 %; dans certains échantillons, ce pourcentage atteint même 98 % (Zoltai et Tarnocai, 1975). Dans la tourbe gelée en permanence, la glace se présente sous forme de cristaux et de filons. La teneur en glace du sol minéral sous-jacent varie beaucoup plus parce que la glace forme des couches et des lentilles de diverses épaisseurs et que des cristaux de glace parsèment la majeure partie du sol minéral. En général, les sols à texture grossière sous-jacents contiennent moins de glace (de 50 à 60 % en volume) que les sols à texture fine (de 50 à 90 %). La figure 2–7 présente la distribution de la glace dans un polygone à centre convexe.

Configuration polygonale

Le diamètre moyen des polygones des basses terres dans le delta du Mackenzie est de 8 m, bien qu'il y ait aussi des polygones à diamètre beaucoup plus grand. Lachenbruch (1962, 1966) a procédé à des études théoriques sur l'evolution de la configuration des polygones de coins de glace. Il a conclu que les angles que forment les coins de glace entre elles ont tendance à présenter une configuration orthogonale (angle de 90°). Cette conclusion diffère cependant de certaines descriptions de terres polygonales (Leffingwell, 1919; Black, 1952) qui indiquent que les coins de glace tendent à former des angles hexagonaux (angle de 120°). Lachenbruch (1966) a classé le réseau polygonal parmi les "systèmes orthogonaux aléatoires", par opposition aux "systèmes orthogonaux orientés", lesquels se trouvent généralement près de grandes nappes d'eau.

Composition de la tourbe

La couche de tourbe associée aux polygones à centre concave est mince et se compose de laiches et de mousses brunes. Au fur et à mesure que le centre de ces tourbières polygonales bombe, les conditions de drainage s'améliorent ce qui entraîne une augmenta-

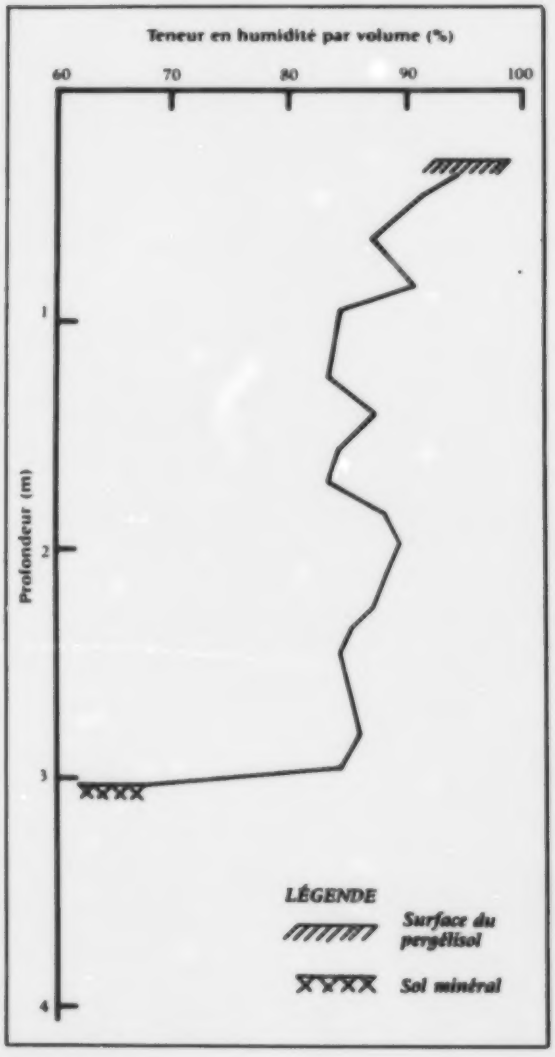


Figure 2–7.
Teneur en humidité volumétrique d'un polygone de basses terres à centre convexe.

tion des espèces arbustives qui y croissent. En conséquence, dans ces polygones à centre convexe, la partie supérieure de la couche de tourbe se compose de laîches ligneuses.

La tourbe associée aux polygones à centre convexe des basses terres est généralement bien ou modérément bien décomposée; sa teneur en fibres frottées varie de 6 à 76 % et la valeur von Post, de 4 à 7. La tourbe est généralement acide (pH de 3.4 à 6.9). Le tableau 2–2présente la composition chimique et physique de la tourbe de polygones à centre convexe de trois emplacements. L'analyse des échantillons prélevés indique que la teneur en carbone (C) varie de 2 à 52 % tandis que la teneur en azote (N) varie de 0.3 à 2.8 %. La teneur en cendres de ces tourbes arctiques, qui varie de 7.6 à 39.7 %, est généralement plus élevée que celle des tourbes du sud du Canada. La densité apparente de la tourbe ligneuse peut atteindre 0.13 g/cm³ et celle des autres tourbes varie de 0.05 à 0.15 g/cm³. La capacité calorifique d'un échantillon de tourbe prélevé à 69° 09′ de latitude Nord et à 134° 17′ de longitude Ouest (tableau 2–2) variait de 2 868 à 4 644 cal/g.

Végétation

Comme le sol où ils se forment est plus humide, les polygones à centre concave sont recouverts d'une végétation nettement différente de celle des polygones à centre convexe, où le sol est plus sec.

Les espèces les plus communes dans la partie centrale des polygones à centre concave sont *Carex rariflora* et *Drepanocladus uncinatus*. Il y a aussi des petits groupes de saules (*Salix* spp.), particulièrement aux endroits un peu mieux drainés. Sur les rebords surélevés et mieux drainés, les herbacées (*Poa alpina*), les laîches (*Carex* spp.) et certains lichens (*Cetraria cucullata*) dominent la végétation. Les arbustes se trouvent généralement plus souvent sur les rebords de ces polygones qu'en leur centre et la végétation arbustive est dominée de bouleaux (*Betula glandulosa*), de saules et d'*Empetrum nigrum*.

Dans les polygones à centre convexe, les arbustes inférieurs et supérieurs dominent; les espèces les plus courantes sont le bouleau nain, les saules, *Rubus chamaemorus*, *Arctostaphylos rubra* et *Empetrum nigrum*. Certaines plantes herbacées (*Poa* spp.) et lichens (*Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis* et *Alectoria*

Tableau 2–2. Données analytiques pour des matières tourbeuses provenant de polygones de basses terres à centre convexe

Horizon du sol	Profondeur (cm)	Matière	pH ($CaCl_2$)	C total (%)	N total (%)	CEC (mé/100 g)	Cations échangeables (mé/100 g)				Teneur en fibres		Cendres (%)	Densité apparente (g/cm³)	Valeur calorifique (cal/g)
							Ca	Mg	Na	K	non broyés (%)	broyées (%)			
Site: Lat. 69°26′ N, Long. 133°01′ O															
Oh	0–30	b–l	3.4	36.9	1.4	133.6	13.7	3.2	9.8	0.4	60	6	23.6	0.12	—
Ohz	30–40	b–l	3.5	47.3	1.5	176.8	35.0	7.9	13.5	0.4	52	8	7.6	0.15	—
Omz1	40–150	mb–l	3.9	37.8	1.7	134.2	26.9	9.2	2.7	0.3	78	40	11.3	0.07	—
Omz2	150–215	mb–l	4.0	45.1	1.8	134.2	36.7	11.0	1.3	0.2	76	40	9.7	0.05	—
Wz	215–268	glace pure	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Cz	268–288	—	7.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Site: Lat. 69°09′ N, Long. 134°17′ O															
Om	0–7	b	6.3	24.9	1.4	—	79.2	20.9	1.1	1.9	—	20	39.7	—	2 868
Ah	7–20	—	6.2	14.8	0.9	—	63.9	13.0	1.2	0.5	60	20	72.2	—	1 290
Ckgj	20–58	—	7.5	4.5	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ahz	58–65	—	7.4	15.3	1.1	—	—	—	—	—	68	20	72.2	—	1 569
Ckgjz	65–75	—	7.3	3.7	0.3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Omz1	75–80	mb	5.2	36.4	2.4	—	98.8	19.6	0.9	0.2	—	16	18.7	—	4 521
Ofz1	80–310	mb	6.7	25.6	1.5	—	83.5	16.4	0.5	0.2	100	76	38.9	—	3 161
Omz2	310–710	mb	5.6	36.2	2.4	—	91.5	16.5	0.3	0.3	60	30	14.8	—	4 644
Ofz2	710–735	l–mb	3.6	27.7	2.8	—	80.4	6.7	—	0.2	80	76	33.6	—	3 598
Ckgz	735+	sable	7.1	7.6	0.7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Site: Lat. 75°40′ N, Long. 97°40′ O															
Of	0–25	m	5.7	49.4	0.4	105.0	62.0	14.0	1.1	0.4	80	60	15.0	0.05	—
Ofz	25–78	m	5.9	52.5	0.3	105.0	63.0	19.0	0.9	0.3	72	60	12.0	0.05	—
Omz	78–130	l	6.9	37.8	0.3	75.0	59.0	18.0	0.8	0.4	52	42	28.0	0.08	—
Cz	130–150	sable	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Matières tourbeuses *: b–l, bois–laîches; mb–l, mousse brune–laîches; l–mb, laîches–mousse brune; m, mousse; l, laîches; b, bois.*
Horizon du sol *: voir la Commission canadienne de pédologie (1978).*

spp.) s'y trouvent aussi. Ces polygones présentent souvent des endroits dénudés à cause de l'érosion continue, surtout par le vent.

Datation

D'après les essais de datation au carbone 14 de la tourbe basale, les polygones à centre convexe datent de 4 250 à 10 100 ans avant notre ère (ANE) (tableau 2–3). Mais la majorité des datations obtenues varient de 8 000 à 10 000 ans ANE, ce qui indique que la formation de la tourbe aurait commencé peu de temps après la déglaciation.

Les surfaces d'un certain nombre de polygones à centre convexe ont été fortement érodées. La tourbe de surface date de 1 890 à 8 260 ans ANE (tableau 2–3), ce qui laisse supposer que l'érosion s'est poursuivie sur une longue période.

Bogs de monceau tourbeux

Les bogs de monceau tourbeux atteignent 1 à 5 m de diamètre et s'élevent jusqu'à 1 m au-dessus de la surface des terres humides qui les entourent (figure 2–8, a et b). Ces monticules se forment généralement dans les fens et dans d'autres terres humides mal drainées de l'Arctique. La tourbe, dont l'épaisseur atteint généralement de 0.5 à 1.5 m, est gelée en permanence. La couche active a une profondeur de 25 à 40 cm.

Le plus gros bog de monceau tourbeux observé par Blake (1974) au cours de son étude des monticules de tourbe sur l'île Bathurst, mesurait 1.4 m de hauteur et 3.7 m de diamètre. Le 11 août 1963, ce monceau était gelé à plus de 40 cm de profondeur. D'autres monticules examinés par Blake (1974) le 2 juillet 1963 étaient gelés à plus de 21 cm de profondeur. Sur ces

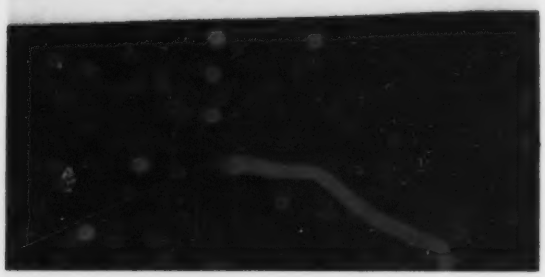
Tableau 2–3. Âge au carbone 14 (ans avant notre ère – ANE) et vitesse d'accumulation de la tourbe dans des polygones de basses terres à centre convexe

Site daté et sources des données	*Profondeur de l'échantillon*	*Âge (ans ANE)*	*N° de lab.*	*Accumulation de tourbe d'après des dates intermittentes (cm/100 ans)*
69°15' N, 138°02' O (Baie Phillips, Yukon)[1]	40 cm*	8 260±110	BGS–196	—
	300 cm (basale)	10 100±130	BGS–197	14.13
69°07' N, 132°56' O (Lacs Eskimo, T.N.-O.)[1]	22 cm	3 150±90	BGS–216	—
	318 cm (basale)	6 020±100	BGS–217	10.31
69°06' N, 133°01' O (Tuktoyaktuk, T.N.-O.)[2]	Tourbe de surface	3 520±90	BGS–319	—
69°09' N, 134°17' O (Delta du Mackenzie, T.N.-O.)[3]	58 cm*	1 890±60	Beta–11562	—
	310 cm	4 810±60	Beta–11564	8.63
	735 cm (basale)	8 850±90	Beta–11565	10.52
75°50.5' N, 98°2.5' O (Île Bathurst, T.N.-O.)[4]	Tourbe basale	9 210±170	GSC–180	—
75°50.5' N, 98°2.5' O (Île Bathurst, T.N.-O.)[5]	Tourbe basale	8 420±80	GSC–1887	—
Sherard Valley, (Île Melville, T.N.-O.)[6]	Tourbe basale	9 040±160	GSC–1708	—
75°40' N, 97°40' O (Île Bathurst, T.N.-O.)[3]	25 cm	5 070±60	GSC–2326	—
	78 cm	5 830±70	GSC–2355	6.97
	130 cm	6 160±90	GSC–2317	15.75
74°05' N, 96°09' O (Île Cornwallis, T.N.-O.)[3]	75 cm (basale)	6 590±100	GSC–2532	—
74°23' N, 94°44' O (Île Cornwallis, T.N.-O.)[3]	110 cm (basale)	4 670±60	GSC–2476	—
73°03' N, 93°15' O (Île Cornwallis, T.N.-O.)[3]	170 cm (basale)	4 580±80	GSC–2439	—
73°16' N, 118°50' O (Terre de Banks, T.N.-O.)[3]	15 cm	2 800±100	BGS–698	—
	178 cm (basale)	4 250±100	BGS–699	11.24
71°56' N, 123°14' O (Terre de Banks, T.N.-O.)[7]	61 cm	6 940±110	GSC–10	—
	244 cm (basale)	9 820±220	GSC–197	6.35

Sources des dates déterminées au carbone 14: [1]Zoltai et Tarnocai (1975), [2]Pettapiece *et al.* (1978), [3]le présent document, [4]Blake (1964), [5]Lowdon et Blake (1975), [6]Barnett (1973) et [7]Dyck et Fyles (1963).

* *Sommet de l'accumulation tourbeuse.*

(a)



(b)

Figure 2–8.
Bogs de monceau tourbeux (a et b) dans un fen près de la rivière Kazan, district du Keewatin, T.N.-O. La sonde qui apparaît à la photo (a) mesure environ 1 m de hauteur.

monceaux, l'épaisseur de la tourbe variait de 2.6 à 3.3 m. Flugel et Mausbacher (1981) ont décrit deux monticules de tourbe la Terre d'Ellesmere. Le plus gros mesurait environ 5.5 m de diamètre et 40 cm de hauteur. Hodgson (1982) a relevé de petits monceaux à noyau de glace mesurant entre 1 et 5 m de diamètre et atteignant jusqu'à 1 m de hauteur sur l'île Amund Ringnes. Une carotte prélevée dans l'un de ces monticules a révélé une couche active de 20 cm de profondeur, riche en matières organiques, reposant sur une couche de 60 cm de sable, à forte teneur en glace, et une couche de 35 cm de glace pure. Au-dessous de 115 cm de profondeur, le monticule présentait une faible teneur en glace. Washburn (1983a) a décrit des monceaux tourbeux repérés près de Resolute sur l'île Cornwallis. Ces monticules bombés atteignaient jusqu'à 60 cm de hauteur et 8 m de diamètre et possèdaient une couche active d'environ 20 cm d'épaisseur. De plus, Washburn (1983a) a signalé que des monticules semblables en hauteur mais de formes plus irrégulières existaient également sur l'île Cornwallis et d'autres monticules font partie de faibles élévations de type plateau qui atteignent 1 à 2 m de hauteur et s'étendent sur plus de 1 600 m² de superficie. Washburn (1983a) en conclut que les monticules de tourbe de 50 cm de hauteur et plus, dont le diamètre est de 2 m ou plus, devraient être classés parmi les palses. Dans une étude ultérieure, Washburn (1983b) a étudié l'emploi du terme "palse" et a signalé qu'un certain nombre d'auteurs classent ces monceaux tourbeux parmi les palses de l'Arctique.

Une carotte (voir figures 2–8 et 2–9) a été prélevée dans un monceau tourbeux de la région de la rivière Kazan (67° 32'N., 94° 03'O.). Le tableau 2–4 présente l'analyse des échantillons de tourbe. À 35 cm de profondeur, la tourbe humique à base de sphaignes avait une forte teneur en éléments nutritifs. Les échantillons de fond présentaient également des

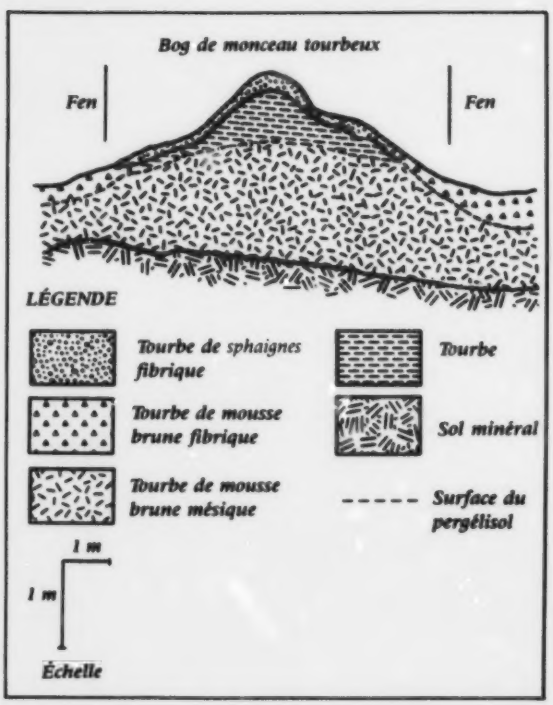


Figure 2–9.
Coupe transversale d'un bog de monceau tourbeux dans un fen près de la rivière Kazan, T.N.-O. La position du plafond du pergélisol le 18 juillet 1976 est illustré par des pointillés.

niveaux relativement élevés d'éléments nutritifs. Bien que ce monceau tourbeux soit situé dans le Bouclier canadien, il se trouve dans le secteur de submersion marine postglaciaire, et les éléments nutritifs comme le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) abondent dans le sol, comme le montre la composition de la tourbe qui est riche en ces substances.

Un des monceaux examinés par Washburn (1983a) sur l'île Cornwallis possédait une couche de tourbe de 94.5 cm d'épaisseur sur une base de limon caillouteux. La couche active mesurait 15 cm de profondeur. La couche de tourbe gelée renfermait surtout de la glace dispersée alors que la glace formait des masses claires dans la couche minérale sous-jacente.

Comme ils sont surélevés, les monceaux tourbeux sont mieux drainés que les terres humides adjacentes et, dans la région des terres humides du Bas-Arctique, ils sont dominés par des sphaignes, principalement *Sphagnum fuscum*. D'autres espèces qui se trouvent sur ces monticules sont *Rubus chamaemorus*, *Ledum palustre* var. *decumbens*, *Andromeda polifolia*, *Vaccinium uliginosum*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Betula glandulosa*, et des mousses comme *Dicranum elongatum* et *Polytrichum strictum*. On y trouve également le lichen *Ichmadophila ericetorum*. Dans les régions de terres humides de l'Arctique moyen et du Haut-Arctique, les monceaux comportent souvent un dense tapis de mousses.

Washburn (1983a) explique l'origine et la formation des monceaux tourbeux comme suit. La ségrégation de la glace, provoquant le bombement du monticule, se traduit d'abord par l'amenuisement général de la couche active, alors plus épaisse, par suite de l'accumulation de tourbe à la surface. En raison de cet amenuisement de la couche active et de la hauteur moindre des chutes de neige en hiver, les températures du sol baissent. Le degré de refroidissement du sol est alors plus marqué dans le monticule que dans le terrain adjacent, et l'eau se déplace donc vers la section du monceau qui est gelée en permanence. Le plafond du pergélisol est soulevé localement et la glace s'accumule dans le monceau. Certains monticules se forment au pied de versants, ce qui entraîne l'intrusion et la ségrégation de la glace sous la couche de tourbe et à l'intérieur de celui-ci (Washburn, 1983a). En résumé, la tourbe qui isole le monticule en surface, la ségrégation de la glace dans la partie du monticule qui est gelé en permanence et la baisse de la température du sol dans le monticule sont les principaux facteurs contribuant à la formation d'un monceau tourbeux.

On croit généralement que la formation des palses, et particulièrement leur bombement, sont causés par la ségrégation de la glace dans le noyau gelé en permanence mais, d'après Washburn (1983a), certaines palses sont également dues à l'intrusion de la glace. Comme il le signale, les monceaux tourbeux et les palses ont une origine fort similaire (origine de la glace et bombement) et les monceaux tourbeux sont donc une variation arctique de palses.

À sa base, la tourbe qui recouvre le monceau est à dominance mésique et se compose principalement de mousses brunes (*Drepanocladus* sp.) et de laîches. Cette couche basale est généralement recouverte de tourbe à base de mousses à dominance mésique à fibrique (cette deuxième couche se compose surtout de sphaignes et de *Dicranum* spp.) La tourbe à base de mousses brunes présente généralement une forte teneur en cendres (20 à 30 %). Le pH de la tourbe varie de 5 à 6 tandis que le pH de la surface de la monticule est généralement inférieur à 4. Des cryosols organiques mésiques sont associés à ces monceaux.

Tableau 2–4. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe à partir d'échantillons provenant d'un bog de monceau tourbeux (région de la rivière Kazan, T.N.-O.)

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH (H_2O)*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Cendres (%)*	*Ca (mg/kg)*	*Mg (mg/kg)*	*K (mg/kg)*	*Fe (mg/kg)*	*S (mg/kg)*
35	5.0	*Sphagnum*	8	43.5	6 812	1 878	1 278	11 375	3 350
46	5.6	Laîches–mousse	5	24.1	9 379	1 557	1 543	12 097	4 032
60	5.7	Laîches–mousse	5	25.5	8 818	1 670	1 043	13 081	3 798
77	5.8	Laîches–mousse	6	23.1	10 687	1 856	1 090	15 567	4 400
97	5.9	Laîches–mousse	6	20.9	12 979	2 188	1 085	12 492	6 433
108	5.8	Laîches–mousse	6	37.3	9 962	2 961	1 801	9 525	3 548
119	5.5	Laîches–mousse	7	39.4	8 650	2 183	1 270	10 017	3 069
122	—	Sol minéral	—	—	—	—	—	—	—

Fens de neige tardive

Dans la région de terres humides du Haut-Arctique, les faibles précipitations nivales sont souvent dispersées par le vent. Sur certains versants et crêtes, la neige s'accumule près du sommet des collines, du côté sous le vent. Cette neige, dont la hauteur annuelle atteint parfois 2 m, fond durant l'été, provoquant un ruissellement constant sur les versants. Toutefois, dans de nombreux cas, la neige ne fond pas complètement pendant l'été et les bancs de neige demeurent en permanence. Lorsque le versant n'est pas escarpé (moins de 3 %), les eaux de fonte peuvent s'écouler en nappes plutôt qu'en filets vers la base. Dans de telles circonstances, de petits fens de neige tardive se forment sur les versants, où ils sont alimentés par les eaux de fonte qui contiennent généralement des particules minérales provenant de l'atmosphère (figure 2–10, a et b).

Dans ces fens, la couche de tourbe est généralement de moins de 20 cm d'épaisseur et se compose de vestiges de mousses et de laîches fibriques à mésiques

décomposées. Cette couche repose sur un sol minéral à un stade de gleyification très avancé. La couverture végétale se compose principalement de *Carex aquatilis* var. *stans* et d'*Eriophorum scheuchzeri*. D'autres plantes vasculaires sont *Alopecurus alpinus*, *Carex misandra*, *Juncus biglumis*, *Polygonum viviparum*, *Saxifraga hirculus* et *Pedicularis arctica*. Les principales espèces de mousses sont *Drepanocladus brevifolius*, *Drepanocladus revolvens*, *Campylium arcticum* et *Bryum* spp.

(a)

(b)

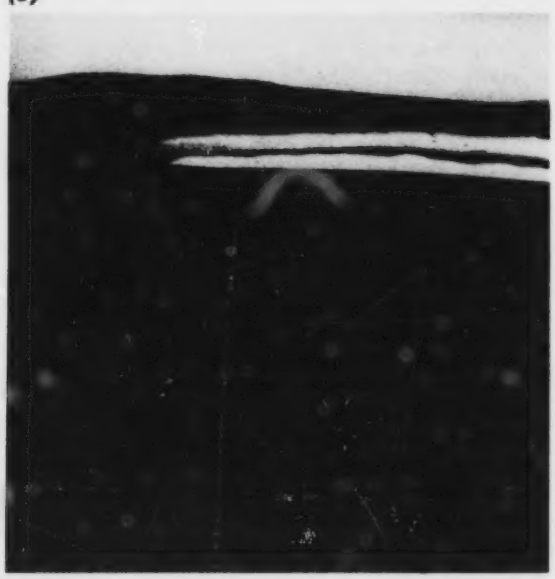


Figure 2–10.

La photo (a) montre des fens de neige tardive, les parties recouvertes de végétation, ou l'eau d'infiltration provient des bancs de neige. La photo (b) montre de plus près un fen de neige tardive, avec le banc de neige qui la recouvre. Les deux photos ont été prises sur l'île Axel Heiberg, T.N.-O.

Bien que la couche de tourbe soit généralement de moins de 20 cm de profondeur, il s'agit presque de l'épaisseur maximale possible dans le Haut-Arctique. Ces fens de neige tardive se trouvent dans des terrains généralement dénudés et se distinguent par une végétation luxuriante.

Fens de bassin

Les fens de bassin se forment dans des dépressions topographiques où l'apport d'humidité est limité au ruissellement des versants adjacents. Tout le fen repose sur le pergélisol et la couche active mesure de 40 à 80 cm de profondeur. La couche de tourbe est de 50 à 100 cm d'épaisseur et ces fens de bassin comportent parfois des monceaux tourbeux.

À sa base, la tourbe est généralement mésique et se compose principalement de mousses brunes (*Drepanocladus* sp.) et de vestiges de laîches. Il peut aussi y avoir des couches de tourbe aquatique humique. En général, les mousses brunes se trouvent dans toute l'épaisseur de la couche de tourbe. La teneur en cendres de la tourbe à base de mousses brunes est d'habitude élevée (les pourcentages atteignent souvent entre 20 et 30 %) et cette tourbe contient souvent des particules minérales et de petites pierres que la cryoturbation aurait pu dégager du sol minéral sous-jacent. La tourbe présente un pH de 5 à 6. Des cryosols organiques humiques et mesiques lui sont associés.

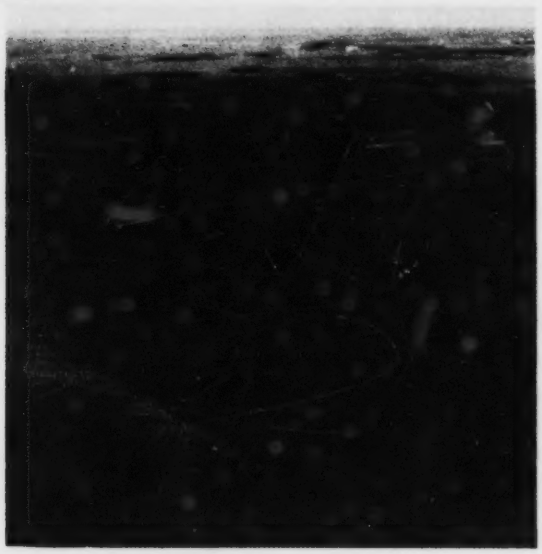
La végétation est dominée par des laîches comme *Carex aquatilis* var. *stans*, *Carex chordorrhiza*, *Carex membranacea*, *Eriophorum angustifolium* ssp. *triste*, *Eriophorum vaginatum* var. *spissum* et des mousses comme *Drepanocladus aduncus*, *Drepanocladus fluitans* et *Scorpidium scorpioides*. Ces plantes forment une couverture végétale presque complète. *Salix arctica*, le seul arbuste présent, est rare et fortement dispersé. Les rares herbacées à feuilles larges sont peu en évidence et il n'y a aucun lichen.

Eaux de mare de toundra

Ça et là dans les prés des régions de terres humides de l'Arctique moyen et du Haut-Arctique, on observe de petites mares (généralement de moins de 1 ha) où l'eau est peu profonde (de moins de 50 cm). Les bords tourbeux de ces mares descendent généralement en pente raide vers l'eau (figure 2–11, a et b).

Dans la partie la plus profonde des mares (jusqu'à une profondeur de 30 cm), la végétation se compose surtout d'*Hippuris vulgaris*, et de *Pleuropogon sabinei* dans les zones légèrement moins profondes. Dans les eaux peu profondes près du bord, *Carex aquatilis* var. *stans* domine la végétation qui se compose également d'*Eriophorum scheuchzeri*, de *Carex saxatilis* var. *rhomalea*, de *Ranunculus aquatilis* et d'une espèce submergée, *Drepanocladus revolvens*. Le tapis tourbeux entourant les mares se compose de mousses (*To-*

(a)



(b)

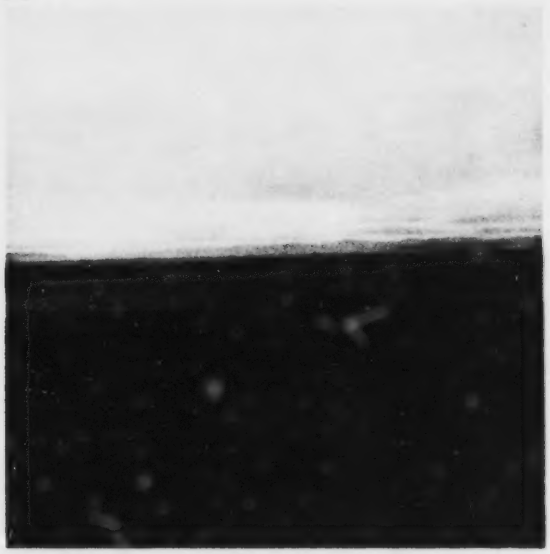


Figure 2–11.
Des plans d'eau profonde de diverses tailles dans un complexe de terres humides de la région de Tuktoyaktuk (a) et une mare de toundra (b) avec rivage recouvert de végétation sur l'île Bylot, T.N.-O.

menthypnum nitens, Aulacomnium palustre, Hypnum bambergeri, Philonotis fontana et *Campylium arcticum*) et de plantes vasculaires, comme *Carex saxatilis, Eriophorum scheuchzeri, Juncus biglumis, Pedicularis arctica* et *Saxifraga hirculus.*

Marais de plaine d'inondation

Les marais se forment dans les plaines d'inondation actives contiguës à des chenaux. Étant donné que leur profondeur est fonction du niveau des cours d'eau, ces marais sont généralement profonds durant la période de crue printanière et peu profond à l'automne. Dans les estuaires, particulièrement ceux des cours d'eau côtiers, le niveau des marais des plaines d'inondation varie généralement en fonction des marées. Dans le delta du Mackenzie, ces marais forment une bande de plusieurs dizaines de mètres de largeur le long des chenaux (figure 2–12, a et b).

Les marais de plaine d'inondation ont été examinés à plusieurs endroits dans le delta du Mackenzie et sur les îles situées du côté est de la baie Kittigazuit et le pergélisol était toujours présent. Une partie considérable des marais de plaine d'inondation, surtout des marais situés sur les îles périphériques, subissent l'influence des marées. Sur les îles, les terres situées en contrebas sont inondées à marée haute même si la marée est plutôt faible. Toutefois, les eaux qui les envahissent ne sont pas salées compte tenu de l'important apport d'eau douce du Mackenzie.

On a fait une étude détaillée d'un marais de plaine d'inondation de l'une des îles de la région de la baie Kittigazuit (figure 2–13). Dans ce marais, la communauté végétale est forme d'herbacées–*Equisetum*. Le pergélisol a été relevé à une profondeur de 120 à 150 cm. Sur des îles adjacentes, dans d'autres marais comportant une communauté végétale similaire on a repéré le pergélisol à une profondeur de 50 à 90 cm. Dans ces terres humides, le gleysol régosolique à texture de loam limoneux est mal drainé. Étant donné que ces marais reçoivent une importante charge de sédiments tous les ans, l'accumulation de matière organique à la surface y est fort restreinte.

Marécages de plaine d'inondation

Ces marécages se forment dans des deltas où le drainage continu est assuré par des chenaux actifs. D'habitude, dans ces marécages, l'eau atteint son plus haut niveau à la débâcle printanière et diminue constamment pendant l'été pour atteindre son plus bas niveau à l'automne. Des marécages de plaine d'inondation se sont formés dans plusieurs îles de la région de la baie Kittigazuit, dans le delta du Mackenzie (figures 2–12 et 2–13). Les marécages de plaine d'inondation de la partie d'aval du delta sont périodiquement inondés tout au cours de l'été par suite de fortes marées, de marées dues aux vents ou des crues.

Les marécages de plaine d'inondation sont recouverts de grands saules (2 à 3 m), principalement *Salix alaxensis*. Ces saules forment généralement des communautés végétales distinctes comportant des laîches, des herbes ou *Equisetum* spp.

L'épaisseur de la couche active de ces marécages varie de 130 cm à 150 cm. Les sols sont généralement

des cryosols statiques régosoliques présentant des couches alluviales cumuliques, ce qui indique qu'ils reçoivent tous les ans une importante charge de sédiments. En raison de ce fait, l'accumulation de la matière organique est minimale.

(a)

(b)

Figure 2–12.
En (a) : îles recouvertes de marais et (b) : transition entre un marais de plaine d'inondation au bord de l'eau (1), en un marais de delta actif (2), et ensuite un marécage de plaine d'inondation recouvert de saules (3). Bras est du fleuve Mackenzie près de la baie Kittigazuit, T.N.-O.

Marais de delta actif

Les marais de delta actif sont généralement associés à des marécages de plaine d'inondation. Ils se trouvent toutefois dans la partie plus élevée du delta et ne sont inondés que lors des crues printanières (figure 2–12b).

La plupart des marais de delta actif comportent une communauté végétale composée de petits saules et d'îlots de laîches et d'herbes. Les espèces les plus courantes de l'étage arbustif sont *Salix lanata* et *Salix alaxensis*; celles de l'étage de plantes non ligneuses, *Carex aquatilis*, *Eriophorum vaginatum* et *Eriophorum angustifolium* (Reid et Calder, 1977). Dans ce type de marais, les anciens chenaux fluviaux qui ont été comblés sont recouverts de laîches et d'herbes. La figure 2–13 montre cette forme de terre humide et son association avec les marais et les marécages des plaines d'inondation.

Dans les marais de delta actif, la couche active a une épaisseur de 90 cm à 100 cm. Cependant, dans les endroits dénudés, son épaisseur atteint environ 180 cm. Les sols associés à ces terres humides sont essentiellement des cryosols statiques régosoliques. Comme ils sont soumis à une importante sédimentation annuelle, l'accumulation de matière organique y est minime.

Autres plans d'eau peu profonde

Les plans d'eau peu profonde sont des plans d'eau (stagnante ou non stagnante) permanents ou semi-permanents, comportant des étendues d'eau libre assez grandes et stables. On les désigne localement sous les noms d'étangs, de mares, de bassins peu profonds, de baies, de lagunes, de bras morts ou de chenaux. Ces plans d'eau ont moins de 2 m de profondeur, sauf lors de crues exceptionnelles et peuvent s'assécher temporairement. Vers la fin de l'été ou pendant les périodes intertidales (figure 2–11, a et b).

À leurs limites, les plans d'eau peu profonde peuvent être recouverts d'une végétation aquatique flottante ou submergée, particulièrement dans la région de terres humides du Bas-Arctique. Mais les bords des eaux peu profondes de l'Arctique moyen et du Haut-Arctique sont généralement dénudés.

La coupe longitudinale réalisée dans un site de la baie Kittigazuit (voir figure 2–13) a comme point de départ l'eau peu profonde. Le site d'échantillonnage 0 marque l'extrémité, côté rivage, du plan d'eau. Ce site indique également le niveau de la basse-mer lors de l'étude. Au site 0, le pergélisol a été relevé à une profondeur de 130 cm. D'après cette constatation et d'autres observations faites dans la région du delta du Mackenzie, le pergélisol s'étend dans la majeure partie des plans d'eau peu profonde de la région de terres humides du Bas-Arctique. On estime qu'il en est de même dans les régions de terres humides de l'Arctique moyen et du Haut-Arctique.

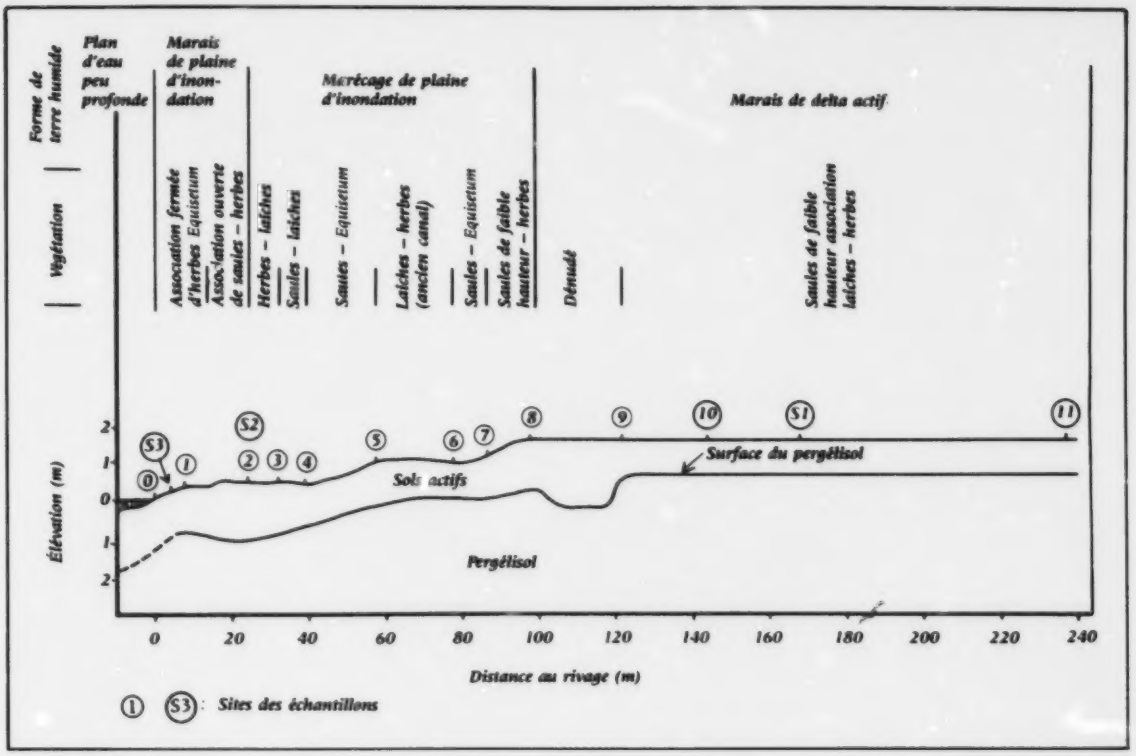


Figure 2–13.
Transect situé à Lat. 69°22' N et Long. 134°02' O dans la région de la baie Kittigazuit, delta du Mackenzie, et présentant diverses terres humides.

Dynamique des terres humides de l'Arctique

Formation des terres humides de l'Arctique

Parmi les facteurs qui déterminent l'évolution des terres humides dans l'Arctique, il faut signaler le moment de leur formation, le climat, le pergélisol, l'hydrologie, le relief, la végétation, etc. L'interaction de ces divers facteurs entraîne le développement d'une forme de terre humide donnée. Toutefois, l'écosystème peut se transformer au cours des ans par suite de modifications de certains de ces facteurs et céder sa place à un nouveau écosystème de terres humides. Ces modifications, notamment celles qui touchent les terres humides associées à des dépôts organiques, sont mises en évidence par les diverses couches de tourbe. La composition de la tourbe diffère d'une couche à l'autre, montrant les modifications apportées au cours des ans à la végétation, aux organismes favorisant la décomposition ou au bilan des éléments nutritifs (hydrologie et relief).

Si l'on reconstitue l'environnement dans lequel se sont formées les terres humides arctiques associées à des dépôts organiques (tourbières), on constate que la sédimentation se fait généralement de façon progressive. Par exemple, on peut retrouver une base formée d'une mince couche de matières organiques et minérales mélangées, sur laquelle repose une couche de tourbe à base de laîches et de mousses brunes, recouverte à son tour de tourbe ligneuse issue d'une végétation arbustive. Cette conformation révèle que la tourbe s'est développée progressivement dans un bassin mal drainé, dont la nappe phréatique a toujours été superficielle, et qui a reçu un certain apport d'eau relativement riche en cations, notamment en calcium. Le mélange de substances minérales et organiques de la couche de base révèle que le pergélisol était présent dans ces terres humides dès le début de leur formation.

La sédimentation à laquelle donnent lieu les dépôts de matières organiques est un phénomène courant dans les terres humides du sud mais peu commun dans l'Arctique. Dans les terres humides du sud, ce processus commence par la formation d'un étang peu profond, comme le révèle l'accumulation basale de détritus organiques de marne, de gastropodes ou de tourbe sédimentaire. Parfois, ces matières se retrouvent dans la couche de tourbe basale des polygones des basses terres de la région du delta du Mack-

enzie. Mais on y a vu une indication que ces matières de la tourbe basale ont été déposées il y a environ 8 000 ans à une époque où le climat était beaucoup plus chaud qu'il ne l'est présentement (Nichols, 1969; Ritchie et Hare, 1971; Terasmae, 1972).

Les dépôts de substances minérales sont fréquents dans les marais de delta de l'Arctique. Les eaux riches en minéraux contribuent donc beaucoup à maintenir la grande productivité des marais de delta tels ceux du delta du Mackenzie.

Compte tenu de leur morphologie interne, les tourbières arctiques (par exemple, les polygones de basses terres) se sont sans doute formées là où il y avait du pergélisol. Dans les régions arctiques, les sols présentent de nombreux secteurs de matières organiques et minérales bien mélangées (Zoltai et Tarnocai, 1975). De gros cailloux peuvent se trouver à la surface des polygones de basses terres, à proximité des crevasses. Le gel a soulevé ces cailloux, qui proviennent du sol minéral sous-jacent, à travers la tourbe épaisse jusqu'à 2 m. Ce mélange et la présence d'intrusions organiques ou minérales à l'interface des couches minérales et organiques laisse supposer que les mouvements de sol sont courants dans la couche active reposant sur le pergélisol. Le pergélisol est actuellement présent sous tous les polygones des basses terres, et toutes les observations laissent croire que le pergélisol s'y est formé pendant le développement des polygones, notamment au cours de leur stade à centre concave.

Selon Price (1972), les polygones à centre convexe correspondent à une phase d'érosion et de fonte où les fentes de glace sont inactives. Le fait que la tourbe soit toujours plus épaisse dans les polygones à centre convexe indique cependant que la formation de la tourbe influe sur leurs différences morphologiques superficielles. On a étudié sur le terrain la gamme complète des polygones, des polygones à centre concave jusqu'aux polygones à centre convexe. On a découvert que les rebords (bourrelets) des polygones devenaient plus épais et les mares plus petites au fur et à mesure que s'accumulait la tourbe, jusqu'à ce que la surface soit plane. Le bombement du centre, qui caractérise les polygones à centre convexe, est peut-être dû à la fonte partielle des fentes de glace durant un stade de sénescence (Price, 1972). Dans certains cas, près des rives des lacs ou sur des pentes peu escarpées, les crevasses des polygones peuvent être fortement creusées par l'écoulement de l'eau (Péwé, 1966).

Les conditions propres à l'Arctique ont favorisé la formation des terres humides de cette région. Certaines d'entre elles peuvent ressembler aux terres humides des autres régions mais, après examen, on y constate des différences fondamentales. Dans l'Arctique, on a observé des terres humides à crêtes étroites et basses qui ressemblent aux fens côtelés des régions subarctiques et boréales (voir les descriptions dans les chapitres pertinents). D'après Henoch (1960), le noyau de ces "bogs à côtes" est composé de sol minéral. Selon Rowe *et al.* (1977), ceux-ci se seraient formés sous l'effet de la solifluxion. D'autres crêtes basses qui, au départ, formaient des rangées de débris organiques, ressemblent aux crêtes des fens côtelés. Elles diffèrent toutefois des fens côtelés du sud, parce que leur hauteur augmente par suite de l'intrusion du sol soulevé par le gel et non pas seulement à cause de l'accumulation de la tourbe (Rowe *et al.*, 1977).

Accumulation de la tourbe

À l'aide des datations au carbone 14 présentées au tableau 2–3, on a calculé le taux d'accumulation de la tourbe dans plusieurs sites des régions de terres humides de l'Arctique. D'après les renseignements sur l'accumulation de la tourbe qui figurent au tableau, on constate que la tourbe s'est accumulée de façon intermittente dans une section donnée du dépôt. La vitesse d'accumulation de la tourbe est déterminée selon l'épaisseur de la tourbe des diverses couches datées. On a découvert que cette valeur variait d'une section à l'autre dans un même dépôt.

Une couche de tourbe de 260 cm d'épaisseur associée à un polygone à centre convexe de la région de la baie Phillips, au Yukon, (tableau 2–3) était entièrement composé de laîches décomposées. Cette tourbe s'est développée à un rythme de 14.13 cm/100 ans il y a 8 260 à 10 100 ans ANE. Elle est recouverte d'une couche de 0 à 40 cm d'épaisseur de sable transporté par le vent. Cette couche est associée à un sol brunisolique bien développé. Un dépôt de tourbe examiné dans la région des lacs Eskimo, aux Territoires du Nord-Ouest était constitué de mousses et de laîches ligneuses décomposées. Cette tourbe s'est formée à une vitesse de 10.31 cm/100 ans il y a 3 150 à 6 020 ans ANE.

On a daté des échantillons de tourbe prélevés à 58, 310 et 735 cm de profondeur dans un site du delta du Mackenzie ont été datées (tableau 2–3). L'échantillon prélevé à 735 cm de profondeur a permis de déterminer l'âge de la couche de tourbe de base, à savoir la première couche de tourbe qui s'est formée. À une profondeur de 58 à 310 cm, la tourbe à base de mousses ligneuses (qui date de 1 890 à 4 810 ans ANE) s'est formée à une vitesse de 8.63 cm/100 ans et, à une profondeur de 310 à 735 cm, la tourbe à base de mousses brunes (qui date de 4 810 à 8 850 ans ANE) s'est développée à une vitesse de 10.52 cm/100 ans.

Une accumulation de tourbe sur l'île Bathurst (tableau 2–3), s'est faite à la vitesse de 6.97 cm/100 ans il y a 5 070 à 5 830 ans ANE, puis à la vitesse de 15.75 cm/100 ans de 5 830 à 6 160 ans ANE. Sur la Terre de Banks, une accumulation composée de tourbe à base de mousses brunes fibriques (principalement *Drepanocladus* sp.) (tableau 2–3), a été relevée dans un polygone à centre convexe fortement érodé. La surface, sur laquelle repose une couche de tourbe rougeâtre fortement oxydée, est dénudée. Sur ce site, la tourbe s'est développée à une vitesse de 11.24 cm/100 ans, il y a 2 800 à 4 250 ans ANE.

Les vitesses d'accumulation de la tourbe mesurées dans les diverses couches datées sont présentées dans le schéma de la figure 2–14 et sont classées selon la fréquence des dépôts dans les terres humides du Bas-Artique et du Haut-Arctique. Ce schéma montre non seulement que la tourbe ne s'est pas développée à une vitesse constante mais aussi qu'elle s'est formée beaucoup plus rapidement au stade initial, soit de 5 000 à 10 000 ans ANE. Après cette période, la vitesse d'accumulation de la tourbe a diminué dans les régions des terres humides du Bas-Arctique et du Haut-Arctique. Si l'on compare les vitesses d'accumulation de la tourbe relevées dans le Haut-Arctique et le Bas-Arctique, on constate qu'entre 5 000 à 10 000 ans ANE la tourbe se développait plus rapidement dans le Haut-Arctique que dans le Bas-Arctique.

Ces écarts entre la vitesse d'accumulation de la tourbe d'une région à l'autre étaient probablement dû au climat. Comme on a expliqué plus haut, le climat était beaucoup plus chaud pendant plusieurs milliers d'années après la déglaciation (entre 5 000 et 10 000 ans ANE) (Nichols, 1969; Ritchie et Hare, 1971; Terasmae, 1972), puis il s'est refroidi progressivement. Le refroidissement a été particulièrement rapide environ de 4 000 à 5 000 ans ANE. Après cette période, la température a diminué davantage dans la région de terres humides du Haut-Arctique, ce qui a pratiquement mis fin au développement de la tourbe. Toutefois, dans la région de terres humides du Bas-Arctique, la formation de la tourbe s'est poursuivie, quoiqu'à un rythme plus lent. La vitesse plus marquée d'accumulation de la tourbe dans la région des terres humides du Haut-Arctique entre 5 000 et 10 000 ans ANE s'explique probablement par le fait que le climat y était plus humide que le climat actuel des terres humides de la région du Bas-Arctique. Ces conditions climatiques ont favorisé davantage la production de la phytomasse dans cette région.

On a calculé les vitesses d'accumulation de la tourbe surtout dans des strates de la tourbe gelée en permanence. La teneur en humidité (glace) de la tourbe gelée et celle de la tourbe humide non gelée étaient similaires, semblables a donc présumé que la variation du volume causée par la formation de la glace était minimale dans la couche de tourbe gelée en permanence.

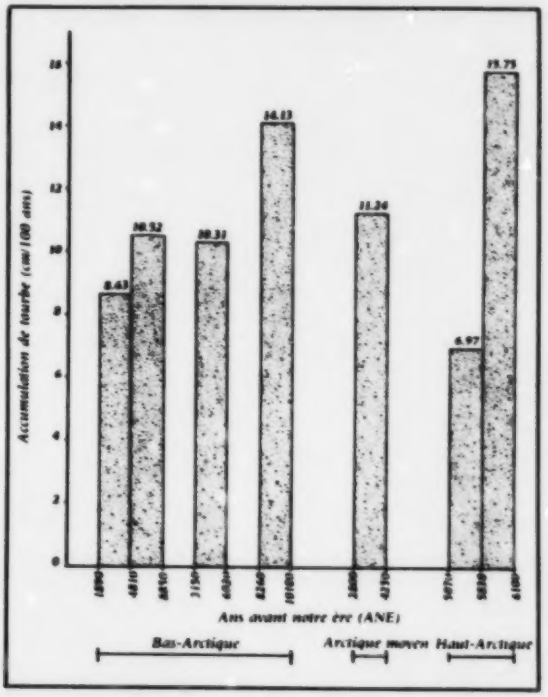


Figure 2–14.
Vitesse d'accumulation de tourbe à diverses périodes, dans le Bas-Arctique, l'Arctique moyen et le Haut-Arctique.

Datation des tourbières de l'Arctique

D'après les datations au carbone 14 de divers dépôts de tourbe (tableau 2–3) dans l'Arctique canadien, on peut supposer que l'accumulation de la tourbe a commencé il y a un peu plus de 10 000 ans. Le dépôt le plus ancien, qui a été relevé sur le versant nord du Yukon, datait de 10 100 ± 130 ans ANE (âge de la couche de tourbe de base d'un polygone à centre convexe des basses terres). Les autres couches de tourbe de base analysées dataient de 4 250 à 9 820 ans ANE (tableau 2–3).

Ces datations indiquent que la formation de la tourbe dans les régions arctiques a commencé peu après la déglaciation et, comme l'a signalé Tarnocai (1978), ce sont probablement les conditions climatiques qui régnaient dans l'Arctique à cette époque qui ont amorcé ce processus. D'après certains indices, après la récession glaciaire sur le continent nord-américain, le climat a été relativement chaud et sec pendant plusieurs milliers d'années (Ritchie et Hare, 1971; Terasmae, 1972; Delorme *et al.*, 1977). Il se peut que le climat ait été trop chaud et sec pendant cette période pour permettre le développement optimal de la tourbe dans le sud. Cependant, dans les régions arctiques, on suppose que le climat était plus frais et plus humide (quoique plus doux qu'à l'heure actuelle) après le retrait des glaciers et que les conditions y étaient donc favorables à la formation de la tourbe. Au fur et à mesure que le climat s'est refroidi, le développement de la tourbe a pratiquement cessé dans les régions des terres humides du Haut-Arctique et l'Arctique moyen et a ralenti dans celles du Bas-Arctique; les régions de terres humides boréales et subarctiques présentaient alors les conditions optimales pour la formation de la tourbe.

Stabilité des terres humides arctiques

On estime que les terres humides arctiques sont en général des écosystèmes vulnérables. En effet, toute perturbation naturelle ou d'origine anthropique y a des répercussions à long terme, ce qui est partiellement dû à la présence du pergélisol et à la faible productivité biologique de ces régions. Tout dommage causé à la couche organique de surface modifie le régime thermique et provoque la fonte de la glace et l'affaissement du sol. La faible productivité biologique de la végétation entrave la régénération du milieu et les effets de toute perturbation persistent pendant de longues périodes.

Au cours des deux dernières décennies, l'activité humaine a augmenté dans l'Arctique canadien, donc on y exploite plus les terres humides. Au départ, comme on connaissait mal cette partie du pays, on y a mené des activités qui ont grandement nui au milieu. Par la suite, on a fait des études sur l'utilisation de ces terres (Kurfurst, 1973; Strang, 1973) et, grâce aux connaissances acquises, on a modifié l'affectation des terres et la réglementation à cet égard ainsi que certaines pratiques géotechniques afin d'éliminer les dégâts ou tout au moins de les minimiser.

Dans le nord canadien, la formation des tourbières gelées est cyclique : stades de développement, de maturité, de vieillissement et d'érosion. Quand les marais sont soumis à la sédimentation fluviale, le régime hydrologique est modifié et quand les modifications sont assez graves, les terres humides peuvent disparaître. Les feux de friches peuvent entraîner le dégel et, finalement, l'affaissement des tourbières gelées en permanence aux limites méridionales de la région de terres humides boréales. Mais, dans l'Arctique, la température du sol est beaucoup plus basse que dans les régions boréales et les feux de friches n'y ont donc que des répercussions minimes (Strang, 1973).

Les opérations sismiques réalisées durant les mois d'été au cours des années 1960 ont fortement perturbé la surface des terres du nord et en ont entraîné le dégel et l'affaissement. Maintenant on procède à ces opérations en hiver ce qui réduit de beaucoup la perturbation de la surface du sol et qui n'entraîne qu'une dégradation négligeable du pergélisol (Strang, 1973).

Valeurs et conservation des terres humides de l'Arctique

Dans les régions arides de l'Arctique, les terres humides sont des oasis où abondent les espèces végétales et animales. Les polygones des basses terres, les mares de la toundra et les prairies humides abritent d'innombrables oiseaux aquatiques pendant la nidification l'été; les plans d'eau leur procurent nourriture et protection et les prairies adjacentes, la nourriture.

Les oies sont particulièrement abondantes dans les terres humides de l'Arctique, dont bon nombre sont fréquentées par des espèces de sauvagine et d'oiseaux migrateurs provenant de diverses parties du monde. La bernache du Canada (*Branta canadensis*) niche dans les îlots des étangs ou des lacs (Bellrose, 1976) et trouve sa nourriture dans les prairies de laîches adjacentes. La bernache cravant (*Branta bernicla*) préfère généralement nicher dans les prairies côtières, où elle s'alimente presque exclusivement de la végétation qui y croît, principalement de laîches (Barry, 1967). L'oie des neiges (*Anser caerulescens*) est particulièrement abondante dans les basses terres arctiques, notamment dans la grande plaine de la Koukdjuak de la Terre de Baffin, où elle niche dans la toundra composée d'herbes basses et se nourrit de ces herbes et de laîches (Palmer, 1976). Environ 30 à 50 % de la population reproductive de la grande oie des neiges (*Anser caerulescens atlanticus*) d'Amérique du Nord fréquentent les terres basses situées en bordure de l'anse Admiralty, sur la Terre de Baffin et l'île Bylot, qui lui est adjacente (Heyland et Boyd, 1970). Les populations de grande oie à front blanc (*Anser albifrons frontalis*), de bernache du Canada et d'oie des neiges se concentrent dans les étangs de la toundra et les régions humides dominées par les laîches dans les basses terres Rasmussen situées à la base de la péninsule Boothia (Allen et Hogg, 1978). Tous les étés, jusqu'à un million d'oiseaux se rendent dans les terres humides du sud-ouest de la Terre de Baffin pendant la nidification.

En été, on estime que les deux tiers de la population canadienne de cygne siffleur (*Cygnus columbianus*), soit environ 20 000 oiseaux, sont concentrés dans les deltas du fleuve Mackenzie et de la rivière Anderson (Bellrose, 1976). Les oiseaux nichent près des étangs ou sur les îles situées dans les mares de la toundra, les lacs ou les rivières à débit lent, où ils se nourrissent surtout de tubercules et de tiges de plantes aquatiques qui croissent dans les étangs (Palmer, 1976).

Chez les mammifères, les terres humides revêtent une importance particulière pour les boeufs musqués (Russell *et al.*, 1978). Ceux-ci se nourrissent presque exclusivement dans les prairies hydriques de laîches quoiqu'en été ils broutent également *Salix* spp. sur les bas plateaux. Les principales espèces de fourrage sont *Carex membranacea*, *Carex aquatilis* var. *stans*, *Eriophorum triste* et *Salix arctica*. La survie de bon nombre d'autres mammifères, dont le renard roux, le lièvre arctique, le loup, la belette, l'ours polaire et le caribou de la toundra, dépend, dans une certaine mesure, de ces zones humides.

Les terres humides arctiques ne sont pas prisées seulement pour leur sauvagine et autres ressources fauniques. Elles constituent souvent les parties de l'écosystème arctique les plus productives sur le plan biologique et jouent un rôle vital dans le stockage de l'eau étant donné qu'elles se trouvent dans une région où les réserves d'eau sont restreintes dès quelques semaines après le dégel printanier. En outre, les terres humides côtières offrent des habitats essentiels

à la survie et à la reproduction de nombreuses espèces de poissons de mer et d'eau douce, de crustacés et d'invertébrés.

Dans le cadre de la Stratégie mondiale de la conservation, le Canada s'est récemment fixé comme objectif prioritaire de veiller à la conservation des terres humides et des écosystèmes du Nord (Environnement Canada, 1986). La sauvegarde des terres humides du Nord constitue donc un élément capital des initiatives de conservation du Canada. Rubec et Lynch-Stewart (1987) ont déterminé et examiné de nombreux points-clés essentiels à la conservation des terres humides du Nord. Selon eux, il importe d'améliorer l'inventaire des terres humides dans le Nord; d'assurer la protection des terres humides essentielles, fortement vulnérables et représentatives à l'échelle régionale; et d'étudier les effets des déversements d'hydrocarbures, des pluies acides et des produits chimiques toxiques sur ces écosystèmes.

Les auteurs estiment que 22 % des terres humides des Territoires du Nord-Ouest et du Yukon, où elles s'étendent sur 278 000 km², jouissent de la protection de lois et reglements du fait qu'elles se trouvent dans des refuges fauniques, des sanctuaires d'oiseaux migrateurs, des réserves et des parcs ou des refuges de gibier nationaux et territoriaux. Parmi les terres humides des trois régions de l'Arctique ainsi protégées, il faut signaler celles des réserves nationales du nord de la Terre d'Ellesmere, du nord du Yukon et d'Auyuittuq, de la réserve nationale de la faune de la vallée Polar Bear; des sanctuaires nationaux d'oiseaux migrateurs de l'île Kendall, de l'île Bylot, du golfe Reine-Maud, de la Terre de Banks, de Harry Gibbons, de la baie East, du delta de la rivière Anderson, de Dewey Soper et de la rivière McConnell ; et des refuges de gibier territoriaux de la baie Bowman et de Thelon.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier W. Glooschenko, H. Hirvonen, D. Kelly, E. Oswald et C. Rubec de leur avoir fait part de leurs commentaires et suggestions.

Bibliographie

ALLEN, D.L., ET T.H. HOGG. 1978. Bird studies in the Keewatin District. Programme écologique et social, Pipelines du Nord. Groupe d'étude de la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº AI-27. 129 p.

BARNETT, D.M. 1973. Radiocarbon dates from eastern Melville Island. Report of Activities Part B. Commission géologique du Canada. Rapport 73-1B. Ottawa, Ontario. p. 137–140.

BARRY, T.W. 1967. Geese of the Anderson River Delta, Northwest Territories. Thèse de doctorat, Université d'Alberta, Edmonton, Alberta. Inédite. 212 p.

BELLROSE, F.C. 1976. Ducks, geese and swans of North America. Stackpole Books. Harrisburg, Pennsylvanie. 544 p.

BLACK, R.F. 1952. Growth of ice wedge polygons in permafrost near Barrow, Alaska. Geological Society of America Bulletin 63:1235–1236.

BLACK, R.F. 1960. Ice wedges in northern Alaska. Résumé d'un rapport, 19e Congrès international de géographie. Stockholm, Suède. 26 p.

BLACK, R.F. 1976. Periglacial features indicative of permafrost: ice and soil wedges. Quaternary Research 6:3–26

BLAKE, W. 1964. Preliminary account of the glacial history of Bathurst Island, Arctic Archipelago. Commission géologique du Canada. Rapport 64-30. Ottawa, Ontario. 8 p.

BLAKE, W. 1974. Periglacial features and landscape evolution, central Bathurst Island, District of Franklin. Commission géologique du Canada. Rapport 74-1B. Ottawa, Ontario. p. 235–244.

BLISS, L.C. 1977. Introduction. *Dans* Truelove Lowland, Devon Island, Canada: a high arctic ecosystem. L.C. Bliss, directeur de publication. University of Alberta Press. Edmonton, Alberta. p. 1–11.

BLISS, L.C.. 1979. Arctic heathlands. *Dans* Ecosystems of the world. 9A. Heathlands and related shrublands: descriptive studies. R.L. Specht, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 415–424.

BLISS, L.C., G.M. COURTIN, D.L. PATTIE, R.R. RIEWE, D.W.A. WITFIELD, ET P. WIDDEN. 1973. Arctic tundra ecosystems. Annual Review of Ecology and Systematics. 4:359–399.

BOSTOCK, H.S. 1970. Physiographic subdivisions of Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Série de la géologie économique, rapport nº 1. 5e édition. Ottawa, Ontario. p. 9–30.

BOTCH, M.S. 1974. Bogs in the tundra zone of Siberia. *Dans* Bog types of the USSR and principles

of their classification. Traduction. Conseil national de recherches du Canada. Traduction technique nº 1925. Ottawa, Ontario. p. 146–154.

COMITÉ CANADIEN DE PÉDOLOGIE. 1978. Système de classification canadienne des sols. Direction générale de la recherche. Agriculture Canada. Publication nº 1646. 164 p.

DELORME, L.D., S.C. ZOLTAI, ET L.L. KALAS. 1977. Freshwater shelled invertebrate indicators of paleoclimate in northwestern Canada during late glacial times. Journal canadien des sciences de la terre 14:2029–2046.

DYCK, W., ET J.G. FYLES. 1963. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, I and II. Commission géologique du Canada. Rapport 63-21. Ottawa, Ontario. 31 p.

EDLUND, S.A. 1986. Vegetation–geology–climate relationships of western Melville Island, District of Franklin. Commission géologique du Canada. Rapport 86-1A. Ottawa, Ontario. p. 719–726.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1986. Stratégie mondiale de la conservation–Canada : rapport sur les réalisations dans le domaine de la conservation présenté lors de la Conférence sur la conservation et le développement. Ottawa, Ontario. Juin 1986. 61 p.

FLUGEL, W.-A., ET R. MAUSBACHER. 1981. Beobachtungen zu organischen Kleinformen im Oobloyah Tal, N-Ellesmere Island, NWT, Kanada. *Dans* Ergebnisse der Heidelberg-Ellesmere Island-Expedition. D. Barsch et L. King, directeur de publication. Heidelberger Geographisches Arbeiten. 69:559–563.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. Canada, les terres humides–cartes des régions de terres humides et de leur distribution au Canada. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

HENOCH, W.E.S. 1960. String-bogs in the arctic 400 miles north of the tree-line. Geographical Journal 126:335–339.

HEYLAND, J.D., ET H. BOYD. 1970. An aerial reconnaissance of the eastern Canadian Arctic, 20–29 July 1969, in search of Greater Snow Geese. Rapport du Service canadien de la faune. Environnement Canada. Ottawa, Ontario. Document inédit. 29 p.

HODGSON, D.A. 1982. Surficial materials and geomorphological processes, western Sverdrup and adjacent islands, District of Franklin. Commission géologique du Canada. Rapport 81-9. Ottawa, Ontario. 46 p.

KURFURST, P.J. 1973. Terrain disturbance susceptibility, Norman Wells area, Mackenzie Valley. Comité écologique et social, Pipelines du Nord. Groupe d'étude de la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 73-24. 36 p.

LACHENBRUCH, A.H. 1962. Mechanics of thermal contraction cracks and ice-wedge polygons in permafrost. Geological Society of America. Special Paper nº 70. 69 p.

LACHENBRUCH, A.H. 1966. Contraction theory of ice-wedge polygons: a qualitative discussion. *Dans* Compte rendu de la première conférence internationale sur le pergélisol. National Academy of Sciences–National Research Council. Publication nº 1287. Washington, DC. p. 63–71.

LEFFINGWELL, E. DE K. 1919. The Canning River region, northern Alaska. United States Geological Survey. Professional Paper nº 109. 251 p.

LOWDON, J.A., ET W. BLAKE, JR. 1975. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, XV. Commission géologique du Canada. Rapport 75-7. Ottawa, Ontario. 32 p.

LYNCH-STEWART, P., R.G. HÉLIE, ET D. OUIMET. 1984. Northern wetlands research project: procedures, results and guidelines. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. Document inédit. 53 p.

MACKAY, J.R. 1972. Some observations on ice-wedges, Garry Island, NWT. *Dans* Mackenzie Delta area monograph. D.E. Kerfoot, directeur de publication. Université Brock, St. Catharines, Ontario. p. 131–139.

MACKAY, J.R. 1974. Ice-wedge cracks, Garry Island, NWT. Journal canadien des sciences de la terre 11:366–1383.

NICHOLS, H. 1969. The late Quaternary history of vegetation and climate at Porcupine Mountain and Clearwater Bog, Manitoba. Arctic and Alpine Research 1:155–167.

PALMER, R.S. 1976. Handbook of North American birds. Volume 2 : Waterfowl (Part 1). Yale University Press. New Haven et Londres. 360 p.

PETTAPIECE, W.W., C. TARNOCAI, S.C. ZOLTAI, ET E.T. OSWALD. 1978. Guidebook for a tour of soil, permafrost and vegetation relationships in the Yukon and Northwest Territories of northwestern Canada. Tour 18, 11e Congrès, Societé internationale des sciences du sol. Edmonton, Canada. 165 p.

PÉWÉ, T.L. 1966. Ice wedges in Alaska—classification, distribution and climatic significance. Compte rendu de la Première conférence internationale sur le pergélisol, National Academy of Science-National Research Council. Publication nº 1287. Washington, DC. p. 76–81.

PREST, V.K. 1970. Quaternary geology of Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commmission géologique du Canada. Série de la géologie économique, nº 1. 5e édition. Ottawa, Ontario. p. 675–764.

PRICE, L.W. 1972. The periglacial environment, permafrost, and man. Committee on College Geography, Association of American Geography. Research Paper nº 14. 88 p.

REID, D.E., ET G.H. CALDER. 1977. The vegetation of the Mackenzie Delta region. Canadian Arctic Gas Study, Ltd. Biological Report Series. Volume 37, Chapitre IV. 59 p.

RITCHIE, J.C., ET F.K. HARE. 1971. Late quaternary vegetation and climate near the arctic tree line of northwestern North America. Quaternary Research 1:331–342.

ROWE, J.S., G.R. COCHRANE, ET D.W. ANDERSON. 1977. The tundra landscape near Rankin Inlet, NWT. Musk-Ox 20:66–82.

RUBEC, C.D.A., (communication personnelle). Avril 1986. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

RUBEC, C.D.A., R.G. HÉLIE, ET D. OUIMET. 1983. Terrestrial ecosystems of Coats Island, NWT. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. Document inédit. Carte à l'échelle 1:125 000 et légende détaillée.

RUBEC, C.D.A., ET P. LYNCH-STEWART. 1987. Northern wetland conservation: management and data needs. *Dans* Compte rendu, Wetlands/ Peatlands '87 Symposium. 23–27 août 1987. Edmonton, Alberta. p. 637–646.

RUSSELL, R.H., E.J. EDMONDS, ET J. ROLAND. 1978. Caribou and muskoxen habitat studies. Programme écologique et social, Pipelines du Nord. Groupe d'étude de la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº AI-26. 140 p.

SAVILE, D.B.O. 1972. Arctic adaptations in plants. Direction générale de la recherche, Agriculture Canada. Monographie nº 6. Ottawa, Ontario. 81 p.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. 1982. Normales climatiques au Canada 1951–1980. Volume 2 : Températures; Volume 3 : Précipitations; Volume 4 : Degrés–jours. Environnement Canada. Downsview, Ontario.

STRANG, R.M. 1973. Studies of vegetation, landforms, and permafrost in the Mackenzie Valley: some case histories of disturbance. Programme écologique et social, Pipelines du Nord. Groupe d'étude de la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 73-14. 49 p.

TARNOCAI, C. 1978. Genesis of organic soils in Manitoba and the Northwest Territories. *Dans* Compte rendu, 3e York University Symposium on Quaternary Research, Geographical Abstracts. Norwich, Royaume-Uni. p. 453–470.

TARNOCAI, C., A.N. BOYDELL, J.A. NETTERVILLE, ET K.A. DRABINSKY. 1976. Biophysical land classification of Boothia Peninsula and northeastern Keewatin, NWT. Commission géologique du Canada. Dossier public 390. Ottawa, Ontario.

TERASMAE, J. 1972. Muskeg as a climate-controlled ecosystem. *Dans* Compte rendu de la 14e Muskeg Research Conference. 1971. Kingston, Ontario. Conseil national de recherches du Canada. Mémoire technique nº 102. Ottawa, Ontario. p. 147–158.

WASHBURN, A.L. 1983a. Palsas and continuous permafrots. Compte rendu, 4e International Permafrost Conference. National Academy Press. Washington, DC. p. 1372–1377.

WASHBURN, A.L. 1983b. What is a palsa? *Dans* Mesoformen des Reliefs im Heutigen Periglazialraum (Bericht über ein Symposium). H. Poser et E. Schunke, directeur de publication. Abhandlungen der Akademie der Wissenschaften in Göttigen, Mathematisch-Physikalische Klasse, Dritte Folge 35:34–47.

ZOLTAI, S.C., ET W.W. PETTAPIECE. 1973. Terrain, vegetation and permafrost relationships in the northern part of the Mackenzie Valley and northern Yukon. Programme écologique et social, Pipelines du Nord. Groupe d'étude de la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 73-4. 105 p.

ZOLTAI, S.C., ET F.C. POLLETT. 1983. Wetlands in Canada: their classification, distribution, and use. *Dans* Mires: swamp, bog, fen and moor. Volume B. Regional Studies. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 245–268.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1975. Perennially frozen peatlands in the western Arctic and Subarctic of Canada. Journal canadien des sciences de la terre 12:28–43.

3 Terres humides subarctiques du Canada

S.C. Zoltai
C. Tarnocai
G.F. Mills
H. Veldhuis

Terres humides subarctiques du Canada

La région subarctique forme une large bande entre la région forestière boréale et la région arctique dénuée d'arbres. Au Canada, sa superficie est d'environ 760 000 km² à l'exclusion de la région subarctique atlantique qui est traitée au chapitre 7 de ce livre. Les terres humides sont répandues dans la région où elles représentent près de 30 % de la superficie, et dominent le paysage dans certaines autres. Les régions de terres humides du subarctique ont été divisées en trois groupes en fonction de leur évolution particulière, à savoir le Haut-Subarctique (SH), le Bas-Subarctique (SB) et le Subarctique atlantique (SA).

Le présent chapitre traitera des milieux de terres humides subarctiques et décrira de façon assez détaillée leurs formes les plus répandues. Le chapitre 9 traitera des marais salés subarctiques soumis à l'influence des marées.

Cadre naturel

Physiographie

La physiographie des régions subarctiques est très variée, allant des plaines presque plates aux bas-plateaux montagneux. Le Subarctique occupe certaines parties de la portion continentale du Bouclier canadien ainsi que des régions situées en bordure de celui-ci et composées de roches sédimentaires (Bostock, 1970).

Le Bouclier se compose de roches cristallines massives et de quelques bandes sédimentaires locales. Son relief est, en général, caractéristique d'une pénéplaine : collines basses d'environ 100 m d'élévation, sans sommets proéminents. Les bassins creusés dans le socle contiennent d'innombrables lacs et les collines onduleuses sont recouvertes d'un mince manteau morainique sablonneux. La physiographie du Bouclier, tout en présentant généralement une géologie et une topographie uniformes, a été subdivisée par Bostock (1970) en fonction de sa structure géologique.

La région physiographique de Kazan s'étend à l'ouest de la baie d'Hudson et se compose de roches cristallines massives qui forment les bas-plateaux et les plateaux. Le relief de la plaine de la rivière Thelon est bas en raison du socle de grès horizontal. Les basses-terres de Whale, au sud de la baie d'Ungava occupent une vaste région couverte de dépôts glaciaires et parsemée de collines dans la région subarctique. La région de James, à l'est de la baie d'Hudson, présente une surface caractéristique de pénéplaine avec un mince manteau de dépôts morainiques discontinus recouvrant des roches cristallines et elle est parsemée d'innombrables lacs. Les collines du Labrador présentent une zone de crêtes proéminentes dont l'élévation peut atteindre 1 000 m, et sont formées de roches plissées sédimentaires et volcaniques datant du Précambrien.

Le secteur physiographique d'Hudson se compose de couches paléozoïques horizontales recouvrant les roches du socle précambrien. Les basses-terres de la baie d'Hudson forment généralement une plaine basse recouverte d'une moraine et d'une mince couche de sédiments à faible pendage jusqu'à la baie d'Hudson. De larges cours d'eau bien encaissés, traversent la région et se jettent dans la baie d'Hudson.

Les secteurs en bordure du Bouclier présentent une physiographie et une géologie plus variées que celles du Bouclier. La partie nord-ouest des terres humides subarctiques occupe trois secteurs physiographiques : la Cordillère, la plaine côtière de l'Arctique et les Plaines intérieures (Bostock, 1970). Dans le secteur de la Cordillère, les terres humides subarctiques se trouvent sur les plateaux et les plaines situés entre les chaînons du Nord. Presque tout le plateau de Porcupine a échappé à la glaciation. Il se compose de collines onduleuses et altérées et comporte de nombreux cours d'eau encaissés qui forment son réseau de drainage. La plaine d'Old Crow est formée de basses-terres généralement plates composées de sédiments lacustres du pléistocène. Dans la plaine d'Eagle, les crêtes allongées et nivelées ont des sommets arrondis, caractéristiques de régions qui n'ont jamais été englacées.

Seule une petite partie de la plaine côtière de l'Arctique se trouve dans la région de terres humides du Subarctique. Ce secteur, la partie sud du delta du Mackenzie, se caractérise par un réseau complexe de chenaux et d'étangs qui occupent une plaine alluviale plate.

La partie nord de la région des Plaines intérieures se trouve dans la région de terres humides du Subarctique. La plaine d'Anderson est formée d'une moraine onduleuse recouvrant des schistes et des grès du crétacé. La plaine de Peel est une région basse et sans traits distinctifs, parsemée de lacs dans sa partie ouest. Le plateau de Peel s'élève en une succession de trois gradins formant une surface d'érosion, de la plaine de Peel aux monts Mackenzie. La plaine du Mackenzie est une région étroite et onduleuse dont le substrat rocheux date du mésozoïque et du paléozoïque. La plaine de Great Bear, au relief onduleux, est surtout formée de couches mésozoïques. La plaine de Great Slave se compose de couches paléozoïques de faible relief. Les collines de Colville comprennent plusieurs crêtes de strates paléozoïques formant des crêtes sinueuse atteignant parfois 400 m.

La physiographie et la composition des matières déterminent les caractérisiques du drainage des divers secteurs. Dans les secteurs de roches cristallines dures du Bouclier, le drainage est irrégulier : on y retrouve surtout de nombreux lacs reliés par de courts bras de rivières qui se remplissent facilement. Dans les secteurs à substrat de roche moins dure ou dans les secteurs morainiques, les cours d'eau ont tendance à être encaissées et possèdent de bons réseaux de tributaires. Dans ces secteurs, on remarque moins d'interfluves mal drainés. Les secteurs peu accidentés, surtout ceux à substrat de sol compact et de texture fine, ont le plus souvent un mauvais drainage et des terres humides étendues.

La plupart des régions de terres humides du Subarctique ont subi de nombreuses glaciations pendant le quaternaire. La quasi totalité des terres de cette partie du continent ont été recouvertes par des glaciers du secteur de la baie d'Hudson et par des glaciers de type alpin du secteur de la Cordillère. Les glaciers ont érodé les surfaces existantes, laissant sur leur passage des dépôts morainiques, ou des sédiments dans les lacs et les cours d'eau. Pendant le stade de récession, il y a près de 7 000 à 13 000 ans, les résidus de la calotte glaciaire ont bloqué le drainage naturel vers la mer et ont entraîné la formation de grands lacs glaciaires. Dans les régions côtières, la mer a envahi les basses-terres qui avaient été surcreusées jusqu'à 300 m par le poids de la glace. Les sédiments lacustres et marins ont souvent formé de grandes plaines dont les sites plus mal drainés ont été occupés par des terres humides.

La partie nord-ouest du Subarctique dans le nord du Yukon n'a jamais été englacée. Ces terres sont drainées par un bon réseau fluvial à tributaire à intervalles réguliers. Les terres humides y sont rares, mais s'y retrouvent dans des sédiments lacustres du pléistocène.

Climat et terres humides du Subarctique

Les régions de terres humides du Subarctiques se caractérisent par des hivers très froids et des étés courts mais doux. C'est là que se rencontrent le plus souvent les masses d'air arctique et tempéré (Dolgin, 1970). Pendant l'été, la zone frontale arctique se situe en moyenne dans le Subarctique (Bryson, 1966), entraînant l'incursion de masses d'air tempéré. En hiver, cette zone se trouve très au sud, permettant alors aux masses d'air arctique de dominer. Les précipitations sont faibles dans la partie ouest de ces régions, mais sont deux fois plus importantes dans les régions adjacentes à la baie d'Hudson et situées plus à l'est, ce qui témoigne probablement de l'influence de cette étendue d'eau sur le degré d'humidité de l'atmosphère.

Dans la région de terres humides du Haut-Subarctique (figure 3–1), les températures annuelles moyennes sont plus basses dans l'ouest que dans l'est (tableau 3–1), probablement en raison des basses températures hivernales. Par ailleurs, en juillet, les températures sont plus basses dans l'est, se traduisant par un nombre moindre de degrés-jours au-dessus de 5° C (degrés-jours de croissance) dans cette région.

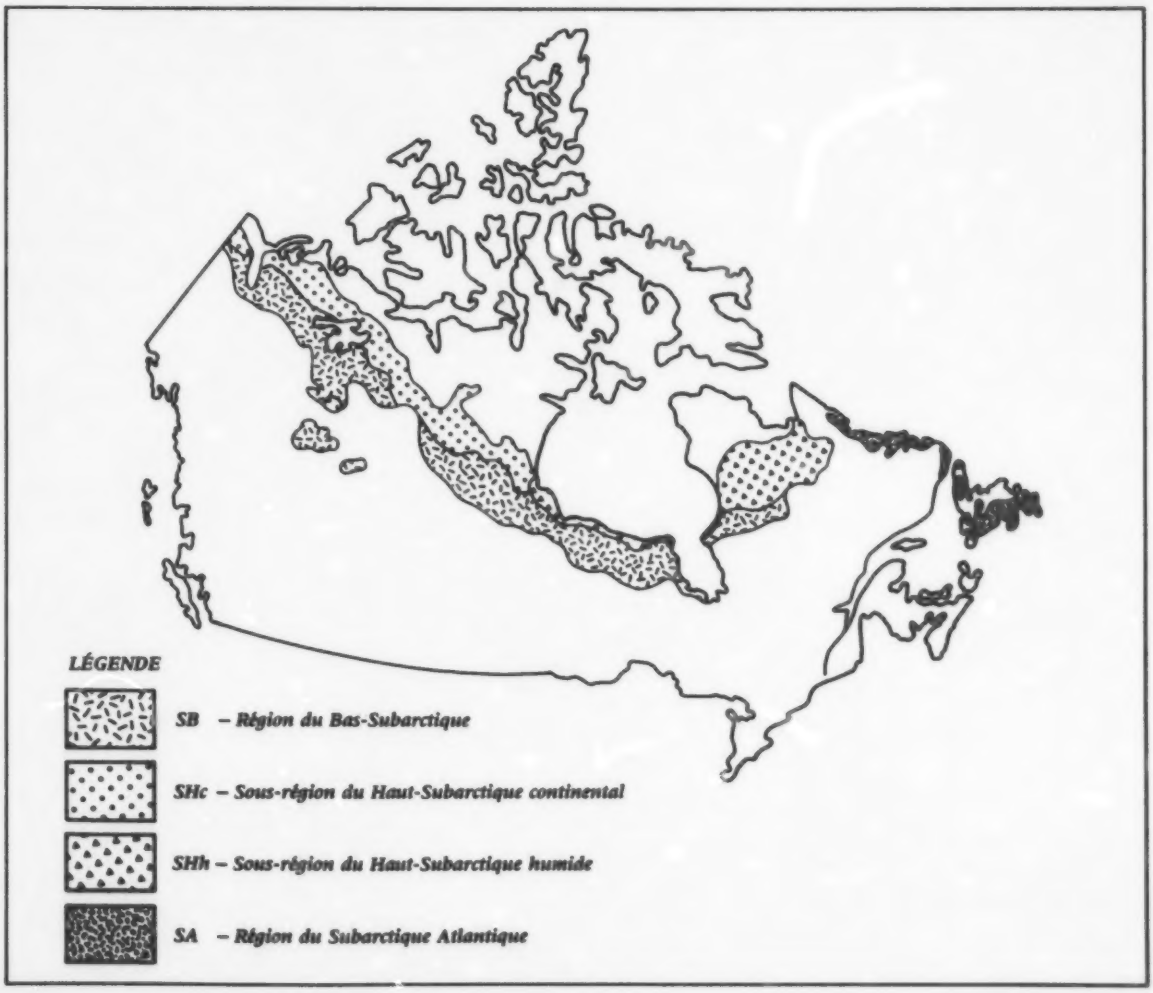


Figure 3–1.
Les régions de terres humides subarctiques du Canada.

Les chutes de neige et le total des précipitations sont beaucoup plus élevés dans l'est. Néanmoins, les effets de ces différences climatiques sur l'évolution des terres humides ne sont pas marqués, d'où le classement de ces deux secteurs dans la même région de terres humides, mais dans deux sous-régions différentes : (i) le Haut-Subarctique continental (SHc) et (ii) le Haut-Subarctique humide (SHh).

Dans la région de terres humides du Bas-Subarctique (figure 3–1), les températures annuelles moyennes sont plus élevées que dans le Haut-Subarctique continental (tableau 3–1). Les températures moyennes de juillet sont également plus élevées, mais celles de janvier sont pratiquement les mêmes. Il s'ensuit que le nombre de degrés-jours de croissance y est plus élevé que dans le Haut-Subarctique. Les précipitations et les chutes de neige sont également légèrement supérieures à celle du Bas-Subarctique.

Tableau 3–1. Données climatiques des régions de terres humides subarctiques (valeurs moyennes)

Région de terres humides	*Nombre de stations*	*Température annuelle moyenne*	*Température quotidienne moyenne de juillet (°C)*	*Température quotidienne moyenne de janvier (°C)*	*Degrés-jour moyens au-dessus de 5°C*	*Précipitations totales annuelles moyennes (mm)*	*Chute de neige annuelle moyenne (cm)*
SHh	5	−5.4	11.5	−24.1	559.8	622.9	280.8
SHc	5	−9.1	13.4	−30.1	656.4	239.9	127.9
SB	6	−6.6	15.3	−29.6	938.8	330.1	158.8

Source : Service de l'environnement atmosphérique (1982).

Végétation et terres humides environnante

Le Subarctique s'étend entre la forêt boréale fermée au sud et la toundra dénuée d'arbres au nord. Elle se caractérise par une forêt de conifères ouverte ou par des étendues éparses de forêt claire et de toundra. Elle fait partie du secteur de transition forêt–toundra (Rowe, 1972) et ressemble à la "lésotoundra" de l'Union soviétique (Norin, 1961). Les sols de cette région sont souvent pergélisolés. L'interaction du surplus d'eau et de la rigueur du climat, qui se manifeste par une croissance limitée de certaines plantes et par l'apparition de pergélisol, produisent des formes de terres humides particulières.

La végétation des bas-plateaux du Haut-Subarctique se caractérise par des peuplements ouverts d'épinettes noires ou blanches (*Picea mariana, Picea glauca*), et une couverture vivante de lichens (*Cladina mitis, Cladina rangiferina, Cladina alpestris*). Les endroits mal drainés peuvent également être peuplés de *Larix laricina*. Les îlots de toundra ouverte se font de plus en plus étendus à mesure que l'on se rapproche de la limite septentrionale du Haut-Subarctique. Ces îlots comportent des arbustes inférieurs (*Betula glandulosa, Dryas integrifolia*), des laîches et des lichens.

Le pergélisol influe sur la plupart des terres humides de la sous-région de terres humides du Haut-Subarctique continental. Les terres humides les plus répandues prennent la forme de bogs de plateau tourbeux et de plateau polygonal tourbeux, séparés par des fens. Dans la sous-région des terres humides du Haut-Subarctique humide, dans les basses-terres de la baie d'Hudson et à l'est de la baie d'Hudson, les fens non gelés ainsi que les bogs de palse et de plateau tourbeux pergélisolés, dont certains ont des polygones de coin de glace, sont les formes caractéristiques de terres humides.

La végétation des bas-plateaux du Bas-Subarctique se compose d'une forêt d'épinettes–lichens dominée par des peuplements ouverts d'épinettes blanches et noires. La couverture de lichens est plus clairsemée et se compose de *Cladina* spp. et d'un étage de bruyères. Certains flancs de collines sont peuplés de feuillus comme *Populus tremuloides* ou *Betula papyrifera* et les plaines d'inondation peuvent comporter des peuplements mixtes de *Populus balsamifera* et de *Picea glauca*.

Les terres humides les plus répandues et les plus caractéristiques sont des fens et des complexes de bogs de plateau tourbeux–palse. De vastes étendues sont occupées par des fens côtelés du nord dont certaines crêtes renferment un pergélisol naissant.

Formes de terres humides du Subarctique

La présente section décrit les terres humides caractéristiques des régions subarctiques, ou qui y sont répandues, mais non toutes les formes qui s'y trouvent dont certaines sont peu répandues. Chaque forme de terre humide sera traitée en deux volets : le premier présentera un exposé général et le second, un exem-

ple particulier. Les formes de terres humides les plus répandues dans le Subarctique traitées dans ce chapitre, sont par ordre décroissant de nombre :

—bogs de plateau tourbeux
—bogs de plateau polygonal tourbeux
—bogs à palse
—fens côtelés du Nord
—fens de chenal
—bogs en plaqué/fens effondrés
—marais de plaine d'inondation
—marécages de plaine d'inondation
—plan d'eaux thermokarstique peu profonde

Bogs de plateau tourbeux

Les bogs de plateau tourbeux sont des tourbières pergélisolées qui dominent d'environ 1 mètre la nappe phréatique des terres humides associées (Zoltai et Tarnocai, 1975). Ils sont d'habitude plats et ne présentent que quelques petites aspérités en surface (figure 3–2). Dans le Subarctique, ils peuvent atteindre une superficie de plusieurs kilomètres carrés. Ils ressemblent aux "palses plats" du nord de l'URSS (Botch et Masing, 1983) ou aux "plateaux de palses" du nord de la Norvège (Åhman, 1977). Toutefois, en Norvège, ils atteignent rarement 1 km² de superficie. Dans le Bas-Subarctique, leur végétation se compose de *Picea mariana* rabougris épars et d'une couverture abondante de lichens. Dans le Haut-Subarctique on trouve des forêts très claires d'épinettes éparses et rabougries et une couverture composée de lichens et de bruyères inférieures. Un couvert végétal arborescent ou non (dominé par *Cetraria nivalis*) se retrouve dans le Haut-Subarctique humide. Ce sont souvent des incendies qui ont dénudé le paysage (Couillard et Payette, 1985).

Dans les régions de terres humides du Subarctique, les bogs de plateau tourbeux occupent généralement de fortes portions de terres humides (figure 3–3), mais ils sont généralement associés à des fens arbustifs ou ouverts. Les fens de la région du Bas-Subarctique et de la sous-région du Haut-Subarctique humide ne subissent pas l'influence du pergélisol, contrairement à ceux du Haut-Subarctique continental (Zoltai et Tarnocai, 1975). De nombreux bogs de plateau tourbeux donnent naissance en périphérie à d'autres plateaux tourbeux : le tapis ou le coussin de *Sphagnum fuscum* renfermera alors une couche relativement mince de pergélisol qui n'atteindra pas le sol minéral. Ces tapis ou coussins de *Sphagnum* dominent légèrement (jusqu'à 50 cm) le fen. Si l'épaississement du pergélisol les surélève davantage, la surface s'asséchera suffisamment pour permettre l'implantation de lichens et ce nouveau plateau tourbeux se fusionnera avec le noyau principal dont il est issu. Les étages supérieures de végétation de ces nouveaux plateaux tourbeux se composent habituellement de *Picea mariana* et de *Ledum groenlandicum*.

Figure 3–2.
Surface plane d'un bog de plateau tourbeux à Picea mariana *rabougri et à couverture vivante abondante de lichens. Fort Good Hope, T.N.-O.*

Figure 3–3.
Vue aérienne d'un bog de plateau tourbeux étendu avec un fen non gelée à l'avant-plan. Rapides de Sans Sault, T.N.-O.

C'est dans le Haut-Boréal, décrit au chapitre suivant, que la dégradation du pergélisol est la plus marquée, bien que ce phénomène se produit également dans le Bas-Subarctique et le Haut-subarctique humide. Si l'équilibre thermique d'une partie d'un bog de plateau tourbeux est modifié, le pergélisol fond et la surface du plateau s'enfonce dans le fen. Ces "surfaces effondrées", d'habitude des formes de terres humides à fens, ne mesurent que quelques dizaines de mètres carrés. Elles se caractérisent par la présence d'arbres morts faisant saillies du fen et par le vert brillant de *Sphagnum riparium* qui croît partiellement submergé dans l'eau de la cicatrice d'affaissement. *Sphagnum balticum* et *Sphagnum lindbergii* sont des espèces communes dans les cicatrices d'affaissement de la sous-région du Haut-Subarctique humide (Couillard et Payette, 1985).

Les dépôts de tourbe ont souvent plus de 2 m d'épaisseur, et bon nombre d'entre eux peuvent atteindre 4 m. Dans la vallée du Mackenzie, l'épaisseur moyenne de la tourbe de 83 sites était de 217 cm (Zoltai et Tarnocai, 1975). Le pergélisol se trouve de 30 à 50 cm sous la surface et pénètre profondément dans le sol minéral (Brown, 1970). Une couche (ayant jusqu'à 30 cm d'épaisseur) de tourbe forestière modérément à bien décomposée recouvre une tourbe de *Sphagnum* atteignant une profondeur de 50 à 60 cm sous la surface. Vient ensuite une couche de tourbe de fen modérément décomposée, comprenant des vestiges de laîches et de mousses brunes (principalement de *Drepanocladus* spp.). La tourbe pergélisolée renferme des cristaux et des veinules de glace, mais sa teneur en eau est presque la même que celle de la tourbe non gelée. La tourbe minérotrophe ou la partie supérieure d'un sol minéral limoneux peuvent renfermer des accumulations de glace pouvant former des couches de 2 à 10 cm d'épaisseur.

La végétation associée à cette forme de terre humide est une forêt claire d'épinettes–lichens épars, composée de quelques arbustes et d'un couvert lichénique étendu. Ces composantes peuvent varier en pourcentage, mais la végétation est généralement uniforme. Les incendies sont la cause de certaines variations. Dans le Haut-Subarctique humide, ils peuvent détruire les arbres et déclencher un stade sérial dominé par les lichens (*Cetraria nivalis*) et les mousses (*Dicranum groenlandicum*). Dans la sous-région du Haut-Subarctique continental, la couverture arborescente augmente et les lichens diminuent après un incendie, mais une forêt claire et ouverte d'épinettes–lichens s'y ré-implante après la première génération. Les principales espèces d'arbustes sont *Ledum decumbens* dans les boisés ouverts et *Ledum groenlandicum* dans les forêts, ainsi que *Andromeda polifolia* et *Betula glandulosa*. La répartition et l'étendue de *Vaccinium vitis-idaea* et *Rubus chamaemorus* sont éparses, mais constantes. *Sphagnum fuscum* peut pousser dans de petites dépressions humides, mais la couverture vivante principale est constituée par *Cladina mitis*, *Cladina stellaris*, *Cladina rangiferina* et *Cladonia amaurocraea*.

Un bog de plateau tourbeux situé près de la rivière Bonnet Plume au Yukon (65°37'N, 134°18'O) a été examiné de plus près. Un complexe de plateaux tourbeux occupait la majeure partie d'une vaste dépression, où les différents plateaux étaient séparés par d'étroits chenaux de fens mouillés. Un transect étroit a été établi à partir du centre du plateau tourbeux jusqu'au fen pour examiner la tourbe à trois endroits, décrire la végétation et faire des relevés de nivellement pour décrire la topographie (figure 3–4).

Le bog de plateau tourbeux avait une couverture végétale composée de près de 5 % de *Picea mariana* rabougris et de près de 10 % de *Betula glandulosa* (arbustes). Des arbustes nains, principalement *Ledum decumbens* et quelques *Vaccinium vitis-idaea* formaient l'étage vasculaire inférieur. La couverture lichénique occupait près de 95 % de la surface et se composait principalement de *Cladina stellaris*, *Cladina rangiferina*, *Cladonia amaurocraea* et *Cetraria nivalis*.

La bordure plus ou moins protégée du bog de plateau tourbeux avait une couverture arborescente de 15 % composé de *Picea mariana* et de quelques *Larix laricina*, et une couverture arbustive de 40 % constituée surtout de *Ledum decumbens* et de *Rubus chamaemorus*. La couverture vivante était presque continue et principalement composée de *Sphagnum fuscum* et de quelques lichens, dont *Cladonia amaurocraea* et *Cetraria cucullata*. Dans le fen non gelé poussent *Sphagnum balticum*, *Carex* spp., *Eriophorum* sp. et *Drepanocladus* sp.

Des carottes de tourbe ont été prélevées à 14 m du bord du bog et au bord même, ainsi que dans le fen adjacent. La strate superficielle du bog de plateau tourbeux est composée de tourbe de *Sphagnum* fibrique à mésique (tableau 3–2), le plafond du pergélisol se trouvant à 33 cm. Elle recouvre des couches mésiques à fibriques de tourbe de mousse et de tourbe de laîches–mousses. Une mince couche de tourbe bien humifiée recouvrait le sol minéral.

Les analyses chimiques de la tourbe montrent (tableau 3–2) que la couche de *Sphagnum*, dans ses 70 cm supérieurs, a de faibles teneurs en calcium (Ca) et en magnésium (Mg). À de plus grandes profondeurs, dans les dépôts de fen, les teneurs en calcium et en magnésium sont élevées.

La couche supérieure de l'échantillon, prélevé au bord, se composait de tourbe de *Sphagnum* (tableau 3–3) et le plafond du pergélisol se trouvait à 25 cm. Elle reposait sur une tourbe de *Drepanocladus* fibrique et de laîches–mousses mésiques, recouvrant une mince couche de débris aquatiques, qui elle-même recouvre des limons sablonneux non gelés.

Les analyses (tableau 3–3a) montrent que la couche supérieure de *Sphagnum* avait une faible teneur en Ca et en Mg, et que la tourbe sous-jacente de laîches–mousses avait une forte concentration de fer (Fe). La teneur en Ca et en Mg est élevée dans la tourbe de fen inférieure.

Les 40 cm supérieurs du fen n'étaient pas gelés et se composaient d'une tourbe fibrique de *Carex–Sphagnum*. L'action du gel se faisait sentir (début de juillet) de 40 à 61 cm dans la tourbe fibrique à

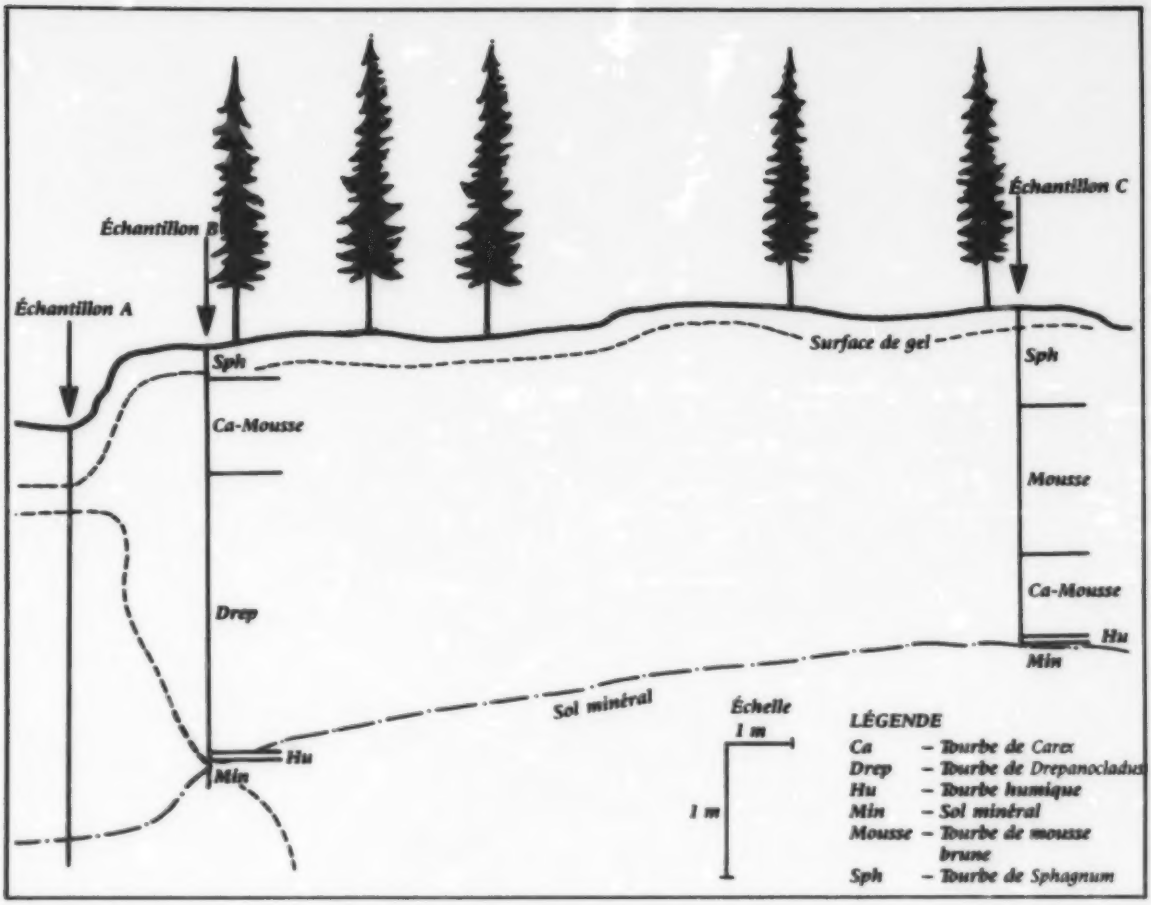


Figure 3–4.
Section transversale, montrant la stratigraphie en bordure et au centre d'un bog de plateau tourbeux. Rivière Bonnet Plume, Yukon.

mésique de *Carex–Sphagnum*, surmontant une tourbe non gelée. Le sol minéral se rencontrait à 294 cm. Le seul échantillon de tourbe prélevé dans le fen (tableau 3–3b) montre des teneurs modérément élevées en calcium et en magnésium.

On a déterminé (tableaux 3–2 et 3–3) la teneur volumique en eau de la tourbe et du sol minéral sous-jacent. En règle générale, les échantillons de tourbe contiennent de la glace en excès lorsque la teneur volumique en eau dépasse 93 %. Dans les sols minéraux, les argiles entièrement saturées pouvait renfermer près de 45 % d'eau en volume (Kohnke, 1968). Par conséquent, tout pourcentage supérieur à cette limite indique la présence d'un excès d'eau sous forme de glace. L'excès de glace n'a été observé que

Tableau 3–2. ***Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe de la partie centrale d'un bog de plateau tourbeux***

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matières*	*Décomposition (von Post)*	*Cendres (%)*	*H_2O par volume (%)*	*Ca (mg/kg)*	*Mg (mg/kg)*	*Fe (mg/kg)*
29	—	*Sphagnum fuscum*	3	3.8	87.9	4 721	518	4 455
41	—	*Sphagnum fuscum*	3	6.0	86.8	3 199	284	7 365
64	—	*Sphagnum fuscum*	5	3.9	71.6	3 141	153	3 914
76	—	Mousse	3	4.4	91.1	6 321	435	2 170
99	—	Mousse	3	4.1	89.9	9 603	964	1 972
137	—	*Carex*–mousse	3	5.9	93.1	6 648	723	1 522
150	—	Mousse	5	9.4	94.3	10 074	956	2 180
193	—	*Carex*–mousse	5	7.4	91.9	16 854	1 394	3 368
228	6.1	*Carex*–mousse	5	14.0	87.6	10 258	1 123	2 637
246	6.1	Minéral	—	77.6	72.5	—	—	—

Tableau 3–3. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe de (A) la bordure d'un bog de plateau tourbeux, et (B) d'un fen

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matières*	*Decomposition (von Post)*	*Cendres (%)*	*H_2O par volume (%)*	*Ca (mg/kg)*	*Mg (mg/kg)*	*Fe (mg/kg)*
A—La bordure d'un bog de plateau tourbeux								
23	—	*Sphagnum fuscum*	3	2.3	92.2	5 133	564	2 986
31	5.2	*Carex*–mousse	5	18.2	70.0	2 259	254	29 714
43	5.2	*Carex*–mousse	3	6.9	89.5	4 078	233	10 668
62	5.2	*Carex*–mousse	5	7.5	82.9	11 330	377	5 877
86	5.2	*Carex*–mousse	5	6.6	82.9	9 196	874	2 204
105	5.2	*Drepanocladus*	3	5.2	94.2	11 393	1 081	2 654
127	6.1	*Drepanocladus*	3	8.2	93.2	13 025	1 139	2 775
149	6.1	*Drepanocladus*	3	6.6	89.6	10 210	892	1 853
183	6.1	*Drepanocladus*	3	4.6	94.4	12 817	1 082	2 537
240	5.8	*Drepanocladus*	3	6.7	95.8	9 263	578	2 152
292	5.8	*Drepanocladus*	3	7.2	93.8	8 563	574	3 523
299	—	Débris aquatiques	7	16.8	59.5	8 815	913	3 516
B—Fen								
45	—	*Sphagnum*	5	20.2	90.4	8 814	1 093	3 571

dans une seule des carottes de tourbe et de sol minéral prélevée au centre. En bordure du plateau, les échantillons de la tourbe enfouie plus profondément montraient un excès de glace, mais le sol minéral ne présente qu'un très faible surplus d'humidité.

Les composantes végétales de la tourbe montrent qu'une mince couverture de *Sphagnum*, composée principalement de *Sphagnum fuscum*, recouvre la tourbe de fen pergélisolée du bog de plateau tourbeux. La tourbe fibrique des buttes surélevées est un excellent isolant, qui retarde le dégel pendant l'été et permet éventuellement la formation de pergélisol. À mesure que le pergélisol se développe, le secteur touché se soulève et la surface s'assèche, favorisant davantage le développement du pergélisol. Les conditions sèches à la surface ne sont toutefois pas propices à la croissance continue de *Sphagnum* et la formation de tourbe cesse presque totalement.

La tourbe au centre de ce bog a près de 60 cm d'épaisseur de moins que sur le bords ou que dans le fen où la tourbe continue de s'accumuler. Cela signifie que le site échantillonné au centre du plateau tourbeux devait être soulevé depuis quelque temps déjà par le pergélisol, assez longtemps du moins pour permettre l'accumulation de 60 cm de tourbe de plus sur le bords du plateau et dans le fen adjacent. De même, la périphérie du bog ne subit probablement l'influence du pergélisol que depuis très peu de temps puisque l'épaisseur de la tourbe y est à peu près la même que dans le fen. On a observé que le pergélisol n'y avait pas encore atteint le sol minéral, ce qui corrobore l'hypothèse (figure 3–4).

Bogs de plateau polygonal tourbeux

Ces formes de terres humides pergélisolées ressemblent aux bogs de plateau tourbeux à plusieurs égards : elles dominent d'environ 1 m le fen associé et leurs surfaces sont assez planes. La principale différence est qu'elles sont traversées par des crevasses qui leur donnent une configuration de polygone lorsqu'elles sont vues d'en haut (Zoltai et Tarnocai, 1975). Les bogs de plateau polygonal tourbeux occupent la majeure partie des dépressions où ils se trouvent, couvrant souvent des centaines d'hectares. Dans la sous-région du Haut-Subarctique continental, les fens associés subissent l'influence du pergélisol mais dans la sous-région du Haut-Subarctique humide le pergélisol est souvent absent. La surface des bogs de plateau polygonal tourbeux est d'habitude dénuée d'arbres et ne porte que des arbustes nains et une couverture vivante et abondante de lichens (figure 3–5). Ces plateaux se rencontrent principalement dans la sous-région du Haut-Subarctique continental, même si certains ont été signalés dans le Bas-Subarctique, notamment dans les endroits très exposés et balayés par les vents.

Les polygones se composent de cellules de diverses formes et grandeurs. Leur diamètre moyen est d'environ 15 m et leur forme va du rectangle à l'octogone. La configuration est créée par une dépression linéaire, la crevasse, flanquée des deux côtés d'une légère surélévation, les bourrelets (figure 3–6). La crevasse a d'habitude une profondeur de 10 à 30 cm par rapport à la surface et les bourrelets la dépassent rarement de plus de 30 cm. Les polygones peuvent donc être légèrement concaves en coupe transversale. Un examen des bords tourbeux érodés et des parties centrales révèle la présence d'un coin de glace s'enfonçant de 2 à 4 m dans le sol sous chaque crevasse de polygone. La glace des coins est transparente, sans inclusions, et contient souvent des amas de bulles qui montent vers la surface en suivant une courbe légèrement arquée vers l'extérieur (Tarnocai, 1973). La tourbe est transpercée par le coin de glace et on a

observé des couches de tourbe tordues seulement près de la surface au point le plus large du coin. Les bourrelets semblent être constitués de tourbe déplacée par l'apparition des coins de glace.

L'épaisseur moyenne de la tourbe de ces bogs de plateau polygonal tourbeux est d'environ 2 m (Zoltai et Tarnocai, 1975; Dredge, 1979). La tourbe se compose de matières déposées dans les bogs et les fens, sans aucun signe de déformation ou de cryoturbation des couches, et sans aucune inclusion de sol minéral soulevé par le froid. La tourbe contient peu de lentilles ou de couches de glace; s'il en est, elles ont moins de 10 cm d'épaisseur. Une couche de glace de 2 à 10 cm d'épaisseur peut également se trouver à l'interface tourbe–sol minéral. L'épaisseur de la couche active qui dégèle à tous les ans est de 25 à 35 cm, ce qui est considérablement moindre que dans le sol minéral adjacent (Dredge, 1979).

Les lichens dominent la végétation des bogs de plateau polygonal tourbeux. *Cladina mitis*, *Cladina rangiferina*, *Cetraria cucullata*, *Cetraria nivalis* et *Alectoria ochroleuca* y sont les principales espèces. *Sphagnum fuscum* se retrouve dans certaines des crevasses les plus humides. Des arbustes inférieurs appartenant à *Betula glandulosa* et *Ledum decumbens* peuvent également s'y trouver. On peut aussi y rencontrer quelques *Picea mariana* de faible hauteur formant des boisés de lutins où soufflent de très forts vents.

Les coins de glace de ces bogs de plateau polygonal tourbeux semblent être identiques à celles qui apparaissent dans les sols minéraux. Les coins de glace apparaissent lorsque les fissures formées par la contraction thermique se remplissent de neige, de gelée blanche ou d'eau pour finalement se transformer en glace (Leffingwell, 1915). Les fissures apparaissent sous l'influence de basses températures et d'un refroidissement rapide (Lachenbruch, 1962) et peuvent pénétrer à 3 m ou plus dans le sol (Mackay, 1974).

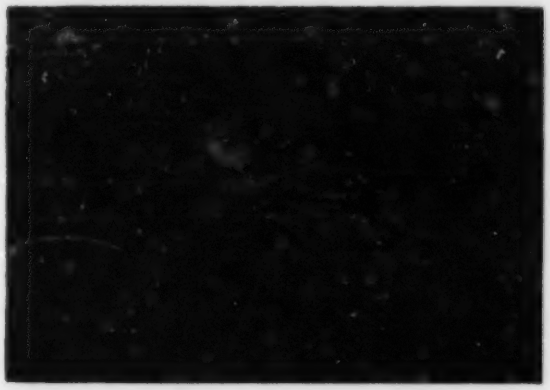


Figure 3–5.
Vue aérienne d'un bog de plateau polygonal tourbeux montrant des polygones de tailles et de formes diverses. Monts Richardson, Yukon.

Figure 3–6.
Jonction de trois dépressions polygonales dans un bog de plateau polygonal tourbeux. Monts Richardson, Yukon.

Tableau 3–4. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe d'une dépression polygonale tourbeuse

Profondeur de l'échantillon (cm)	*Décomposition (von Post)*	*Matières*	*Cendres (%)*	*H_2O par volume (%)*	*Ca (mg/kg)*	*Mg (mg/kg)*	*Fe (mg/kg)*	*S (mg/kg)*
24	3	*Sphagnum*	1.6	71.2	2 156	555	1 332	515
40	3	*Sphagnum*	1.3	94.9	1 925	377	615	445
53	4	*Sphagnum*	6.8	73.5	2 225	342	1 085	808
80	4	*Sphagnum*	2.4	93.2	2 062	419	1 131	529
92	4	*Sphagnum*	3.0	90.8	1 945	392	1 112	737
115	3	*Sphagnum*	1.8	92.8	1 812	356	1 195	528
128	3	*Sphagnum*	1.5	90.8	1 725	400	1 170	410
160	4	*Sphagnum*	2.2	92.0	4 975	480	1 535	349
170	3	*Sphagnum*	3.5	90.1	6 400	552	1 890	456
182	3	*Sphagnum*	3.4	90.7	7 828	549	2 010	620
201	5	*Carex*–mousse–bois	8.2	90.1	6 738	309	2 296	1 330
214	5	*Carex*–mousse–bois	6.7	87.9	11 375	425	3 938	2 380
225	5	*Carex*–mousse–bois	8.9	88.4	19 197	701	6 733	7 020
250	5	*Carex*–mousse–bois	8.6	89.0	23 203	830	5 953	12 187
272	5	*Carex*–mousse–bois	11.5	88.1	23 250	1 050	4 400	12 525
291	3	*Carex*–mousse	8.1	92.1	15 025	850	2 670	9 150
313	3	*Carex*–mousse	8.0	76.2	17 187	1 074	3 281	11 925
334	7	*Carex*–aquatiques	24.6	76.9	68 000	1 735	4 381	20 100
351	7	*Carex*–aquatiques	27.1	85.1	73 750	1 945	4 194	22 500
365	—	Organiques–minérales	53.2	69.2	1 992	2 820	6 250	24 000

Elles transpercent le tapis végétal, y laissant une brèche claire et nette. L'examen des coins de glace des bogs de plateau polygonaux tourbeux a montré que ces brèches s'enfonçaient dans la tourbe et y déclenchaient l'apparition de coins de glace.

La stratigraphie de la tourbe montre qu'elle s'est déposée à l'origine dans un environnement non pergélisolé, dans des fens et des bogs. Les macrofossiles d'un bog de plateau polygonal tourbeux du Yukon présentent l'évolution séquentielle suivante : étang, marais, fen et, finalement, bog (Ovenden, 1982). Le pergélisol est apparu par la suite, comme dans les bogs de plateau tourbeux. Dans les régions septentrionales caractérisées par de faibles chutes de neige hivernales ou par l'élimination de la plus grande partie de la neige par le vent, la surface de tourbe est soumise à la fissuration gélivale. Ces conditions ont favorisé l'apparition des coins de glace qui sont à l'origine de la configuration polygonale.

On a examiné un bog de plateau polygonal tourbeux du lac Tundra, T.N.-O. (67°39'N, 133°38'O). La tourbière occupe les basses-terres entourant un grand lac qu'elle domine d'environ 2 m. L'action des vagues affouille la tourbe, exposant les berges fraîchement érodées. Le site d'échantillonnage est situé à 100 m du lac où on a établi un court transect. On a relevé la végétation, la morphologie de la surface et la profondeur du dégel le long de ce transect et on a prélevé des carottes de tourbe à trois endroits : au centre d'un polygone, sur le bourrelet et au milieu d'une crevasse de polygone (figure 3–7).

La surface est recouverte à 95 % de lichens, soit *Cetraria nivalis*, *Cetraria cucullata*, *Cladina mitis*, *Cladina alpestris*, *Cladina rangiferina* et *Alectoria ochroleuca*. Les crevasses et les bourrelets sont quelquefois peuplés de *Ledum decumbens* et de *Rubus chamaemorus* de faible hauteur. *Sphagnum fuscum* tapisse les crevasses.

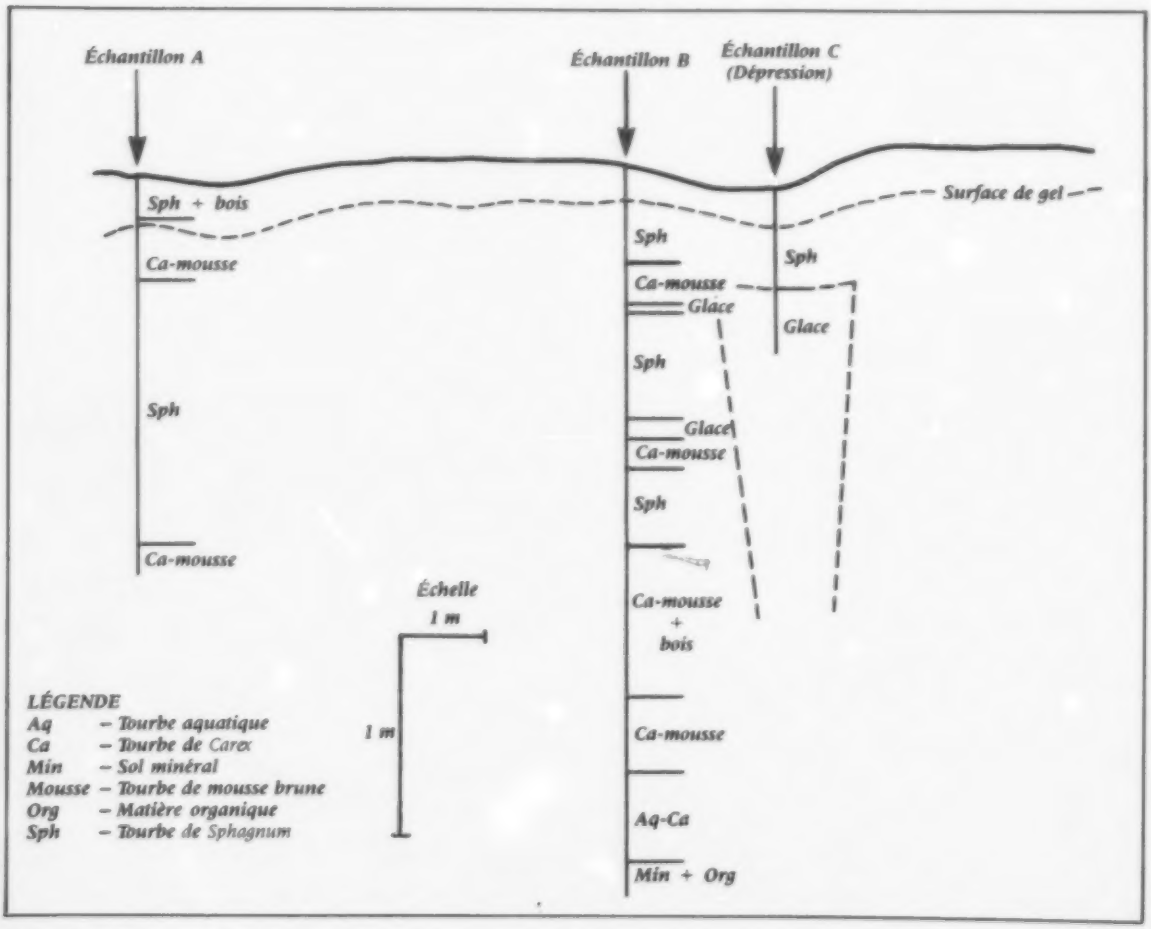


Figure 3–7.
Section transversale le long d'un transect dans un bog de plateau polygonal tourbeux près du lac Tundra, T.N.-O.

Tableau 3–5. ***Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe (A) du centre d'un bog de plateau polygonal tourbeux, et (B) d'une dépression d'un polygone d'un bog de plateau polygonal tourbeux***

Profondeur de l'échantillon (cm)	*Décomposition (von Post)*	*Matières*	*Cendres (%)*	*H_2O par volume (%)*	*Ca (mg/kg)*	*Mg (mg/kg)*	*Fe (mg/kg)*	*S (mg/kg)*
A—Centre								
28	4	*Carex*–mousse	5.4	82.3	1 775	352	3 037	945
43	5	*Carex*–mousse	8.1	83.8	1 185	131	767	325
53	5	*Carex*–mousse	4.9	87.2	1 425	207	1 142	532
62	3	*Sphagnum*	1.3	88.2	1 787	335	910	560
76	3	*Sphagnum*	1.6	88.8	1 669	349	712	460
87	3	*Sphagnum*	1.4	94.3	1 875	387	496	414
97	3	*Sphagnum*	2.0	91.6	1 675	295	490	429
110	3	*Sphagnum*	2.5	91.9	1 800	272	525	537
123	4	*Sphagnum*	2.0	89.3	2 475	320	600	486
135	4	*Sphagnum*	2.4	95.7	2 406	310	1 031	667
149	4	*Sphagnum*	2.8	95.5	2 662	315	692	600
160	5	*Sphagnum*	4.5	91.0	5 400	500	1 265	720
170	5	*Sphagnum*	2.5	91.1	5 000	499	1 245	540
183	5	*Sphagnum*	3.3	95.6	5 062	455	1 519	675
196	5	*Carex*–mousse	5.4	88.2	7 375	565	1 612	840
B—Dépression								
18	2	*Sphagnum*	2.1	90.4	1 992	318	1 947	1 500
27	2	*Sphagnum*	1.9	90.7	1 960	256	1 412	1 331
39	3	*Sphagnum*	2.2	91.0	2 015	364	1 006	787
48	3	*Sphagnum*	1.9	92.9	1 815	432	900	520

Sur le bourrelet d'un polygone on a prélevé une carotte de tourbe jusqu'au sol minéral, atteignant le pergélisol à 23 cm. La couverture de surface était constituée de tourbe de *Sphagnum* de fibrique à mésique, surtout de *Sphagnum fuscum* (tableau 3–4). Il y avait deux étroites lentilles de glace (de 3 et de 7 cm d'épaisseur). Sous cette couche, nous avons trouvé une tourbe minérotrophe recouvrant une couche mixte de détritus aquatiques et organiques et de *Carex*. La fin de la carotte est un mélange de matières organiques très humifiés et de sol minéral.

Les analyses chimiques (tableau 3–4) montrent que la tourbe de *Sphagnum* a une très faible teneur en éléments nutritifs, notamment en calcium et en magnésium, jusqu'à une profondeur de 160 cm. À 214 cm, la plupart des éléments nutritifs de la tourbe minérotrophe ligneuse augmentent soudainement et leur teneur est intermédiaire entre ces deux profondeurs. La teneur en Ca atteint de très forts niveaux, particulièrement dans les débris aquatiques, pour diminuer brusquement dans le sol minéral. La teneur en soufre (S) augmente brusquement dans la tourbe minérotrophe (à 201 cm) et continue de s'élever progressivement pour atteindre des niveaux très élevés à la base. La teneur en eau de la tourbe n'atteint pas des valeurs excessives.

Une couche de tourbe de *Sphagnum fuscum* de 60 cm d'épaisseur recouvrait une couche de glace transparente dans la crevasse du polygone (tableau 3–5). On a enfoncé la sonde quelque 40 cm dans la glace pour ensuite abandonner ce trou. Cette glace fait probablement partie du coin de glace. Les analyses chimiques montrent que tous les éléments nutritifs ont des valeurs faibles, à l'exception de fortes concentrations de soufre en surface.

Au centre du polygone, la couverture se composait de tourbe de *Sphagnum fuscum* qui contenait des brindilles. Lui succédait une tourbe de *Carex*–mousses (*Drepanocladus*) mésique (tableau 3–5), qui recouvrait une tourbe de *Sphagnum* suivie d'une tourbe de *Carex*–mousse (*Drepanocladus*); les auteurs ont abandonné ce trou à 204 cm.

Les analyses montrent (tableau 3–5, centre) une faible teneur en éléments nutritifs avant d'atteindre la tourbe de fen de *Carex*–mousses à 192 cm, où la teneur en Ca, en Fe et en S augmentait de façon notable. La tourbe de *Sphagnum* juste au-dessus de la tourbe de fen (de 160 à 192 cm) présente une teneur légèrement élevée en Ca et en Fe. La teneur en eau de la tourbe est en général semblable à celle des matières non pergélisolées, mais on a constaté la présence de glace en excès dans quatre échantillons dont la teneur en eau était supérieure à 93 % en volume. La tourbe de la crevasse présente une faible teneur en Ca et en Mg (tableau 3–5, crevasse), mais de fortes concentrations de Fe et de S.

Un examen des matières de la tourbe a montré que des marécages et un lac peu profond y avaient toutefois exercé une influence prédominante. Par la suite, ils ont été remplacés par un fen ouvert à laîches, envahi ultérieurement par des arbustes qui y ont déposé une tourbe de laîches ligneuses et de mousses. Le fen a ensuite été remplacé par un bog de *Sphagnum*, où près de 2 m de tourbe se sont déposés. Le

pergélisol s'est probablement formé dans la tourbe à cette époque, surélevant la tourbière et la transformant en un plateau tourbeux. Les polygones sont apparus plus tard, lorsque les coins de glace ont transpercé et la tourbe de bog et la tourbe de fen.

Bogs à palse

Les bogs à palse sont des monticules de tourbe à noyau de pergélisol. Ils dominent de 1 à 7 m les terres humides environnantes et ont un diamètre inférieur à 100 m (Zoltai et Tarnocai, 1975). Ils forment soit des îlots dans des fens ou des étangs non gelés très humides soit des péninsules qui s'avancent dans ces régions humides non pergélisolées (figure 3–8). Les bogs à palse peuvent être isolés ou en groupe de plusieurs monticules de tailles différentes (Hamelin et Cailleux, 1969). Dans certaines terres humides, ils peuvent se fusionner, formant des crêtes déformées et des bas-fonds de tourbe qui occupent plusieurs centaines d'hectares.

De petits bogs à palse apparemment d'émergence récente, peuvent se trouver dans ces mêmes terres humides et y former de gros monticules profondément réticulés. Le dégel du noyau de pergélisol entraîne souvent leur détérioration, notamment lorsque le noyau est exposé par l'apparition de fissures à la surface du palse. Dans ces terres, la dégradation du pergélisol peut se poursuivre à cause de l'effondrement et du tassement des bogs à palse à partir de leurs extrémités et à cause du dégel du pergélisol sous-jacent (Kershaw et Gill, 1979). Dans le Subarctique, les bogs à palse effondrés se trouvent principalement là où les terres humides environnantes sont inondées. L'expansion du pergélisol se produit souvent et entraîne la formation d'une bordure périphérique de plateaux tourbeux, isolant le bog à palse des terres humides non gelées (figure 3–9).

La structure interne des bogs à palse se compose généralement d'une couche superficielle de tourbe de *Sphagnum* qui peut atteindre 50 cm d'épaisseur. La couche active a une épaisseur de 30 à 50 cm. La couverture de *Sphagnum* repose sur une tourbe de fen composée de résidus de laîches et de mousses brunes. Des matières organiques humifiées ou des débris aquatiques peuvent former la couche de tourbe de base. Le pergélisol s'étend très loin dans le sol minéral. La

Figure 3–8.
Ce bog à palse de 3.75 m de hauteur forme une presqu'île dans un fen humide (à l'avant-plan). Norman Wells, T.N.-O.

Figure 3–9.
Palse de 2 m de hauteur occupant le centre d'un bog de plateau tourbeux. Rivière Peel, Yukon.

tourbe gelée contient parfois de minces lentilles de glace (ayant jusqu'à 10 cm d'épaisseur), mais les accumulations importantes de glace se trouvent d'habitude à l'interface tourbe–sol minéral, notamment dans le sol minéral supérieur. La tourbe des bogs à palse, tout comme celle des bogs de plateau tourbeux, n'est pas déformée par la cryoturbation, ce qui laisse sous-entendre que le gel s'est infiltré du haut vers le bas (Seppälä, 1980).

L'épaisseur de la tourbe des bogs à palse est variable; selon les observations, elle était en moyenne de 267 cm (de 140 à 442 cm) dans le Subarctique (Zoltai et Tarnocai, 1975). Certains ont signalé un manteau de tourbe très mince sur les palses : 7 cm dans le nord de la Colombie-Britannique (Seppälä, 1980) et de 8 à 18 cm dans les contreforts des montagnes Rocheuses en Alberta (Brown, 1980).

La végétation des bogs à palse du Subarctique ressemble à celle des bogs de plateau tourbeux déjà décrits dans ce chapitre. Les lichens dominent la couverture vivante, composée principalement de *Cetraria nivalis, Cetraria cucullata, Cladina rangiferina, Cladina alpestris* et de *Cladina mitis*. Les arbustes nains de *Ledum decumbens* et de *Rubus chamaemorus* peuvent occuper jusqu'à 20 % de la surface. On y retrouve un couvert arborescent très ouvert de *Picea mariana*, peuplement composé d'arbres de faible hauteur (moins de 5 m).

Certaines recherches détaillées ont été effectuées dans un palse de la rivière Eagle, au Yukon (67°07'N, 137°13'O). Le bog à palse était situé à l'extrémité d'un vaste bog de plateau tourbeux, entouré de trois côtés par un fen mouillé non gelé. Un court transect a été établi, partant du fen, traversant le bog à palse et allant jusqu'au bog de plateau tourbeux (figure 3–10). Pour étudier la morphologie on a fait des relevés de nivellement. On a déterminé la profondeur de dégel et la végétation le long du transect.

Des *Picea mariana* de faible hauteur formaient un couvert de 5 %, accompagné d'un étage arbustif tout aussi épars de *Betula glandulosa*. Les arbustes nains occupaient près de 70 % de la surface, surtout *Ledum decumbens*, quelques *Rubus chamaemorus* et *Vaccinium vitis-idaea*. Les lichens (*Cladina mitis, Cladina alpestris, Cetraria nivalis*) occupaient environ 35 % de la surface.

La carotte de tourbe prélevée au sommet du bog à palse contenait 12 cm de tourbe forestière bien décomposée en surface, formée de tourbe humifiée, de racines et d'aiguilles. Elle reposait sur une couche de tourbe de *Sphagnum* mésique qui atteignait une profondeur de 72 cm (tableau 3–6). C'est dans cette couche que se situait le plafond du pergélisol, soit à 47 cm. La couche de *Sphagnum* recouvrait une tourbe de mousse mésique (*Drepanocladus* sp.) et de tourbe composée de résidus de laiches et de mousses, y compris des strates contenant des brindilles et des copeaux de bois. On a atteint le sol minéral à 285 cm. La tourbe de fond située à plus de 256 cm et le sol minéral contenaient de grandes quantités de glace en excès, comme nous le montrent les observations sur le terrain et la forte teneur en eau volumique de ces échantillons. Les sols dominants associés aux bogs à palse ont été classés dans les cryosols organiques mésiques.

Les analyses chimiques (tableau 3–6) montrent que la couche superficielle de *Sphagnum* a une faible teneur en éléments nutritifs, lesquels augmentent toutefois dans les strates de mousses et de laîches–mousses. Une augmentation soudaine de l'ensemble des concentrations d'éléments nutritifs a été observée à 183 cm, et ces valeurs ont continué d'augmenter avec la profondeur.

Une deuxième carotte a été prélevée près de l'extrémité du bog à palse, à 3 m du fen non gelé. La séquence des tourbes est très semblable à celle du bourrelet du bog à palse (tableau 3–7) : une couche superficielle de tourbe forestière très décomposée de 10 cm reposait sur une couche de tourbe de *Sphagnum* mésique qui atteignait une profondeur de 44 cm. Le plafond du pergélisol se trouvait à 36 cm. Une tourbe de mousse fibrique, composée de *Drepanocladus* sp. et d'une tourbe mésique de laîches–mousses couvraient le sol minéral à 139 cm. La tourbe au-deçà de 116 cm et le sol minéral sous-jacent contenaient de grandes quantités de glace de ségrégation.

Les analyses chimiques révèlent (tableau 3–7) que la couche superficielle de tourbe de *Sphagnum* ont une faible teneur en éléments nutritifs. Ces valeurs,

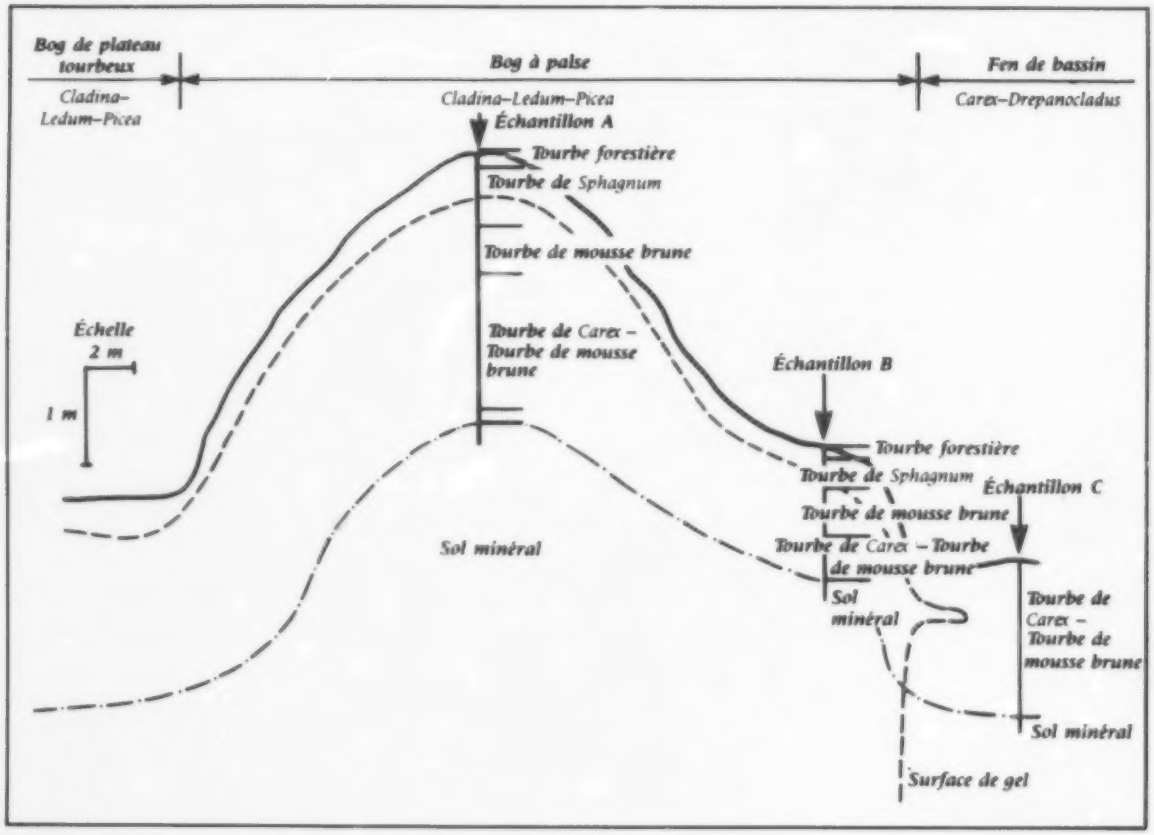


Figure 3–10.
Section transversale montrant la structure interne d'un bog à palse. Rivière Eagle, Yukon.

notamment celle du magnésium, augmentent dans la strate de mousses et restent élevées dans l'ensemble du reste du profil de la tourbe. La teneur volumique en eau indique que seuls la tourbe de base et le sol minéral contiennent de la glace en excès.

Des carottes ont été prélevées dans le fen non gelé, à environ 2.5 m de l'extrémité du bog à palse. La profondeur de la tourbe était de 163 cm et le pergélisol en était absent. La structure interne du bog à palse était compatible avec celle d'autres tourbières pergélisolées : un mince manteau de tourbe de *Sphagnum* recouvre la tourbe qui s'est déposée dans un fen. L'aspect général de la séquence montre un dépôt initial de tourbe dans un fen dominé par les laîches et certaines espèces de mousses (*Drepanocladus*, probablement aussi *Campylium* sp., *Hypnum* sp.). Le fen a été recouvert de *Sphagnum* par la suite, principalement de *Sphagnum fuscum* ou de *Sphagnum balticum*. Ce couvert végétal isolait la surface en été, favorisant l'apparition du pergélisol. Le gel de l'eau contenue dans la tourbe a soulevé la surface de la tourbière et engendré un meilleur drainage qui a mis fin à la croissance de *Sphagnum*. Les lichens et les arbustes nains y sont devenus dominants, comme l'indique la tourbe forestière superficielle. À mesure que le pergélisol gagnait le sol minéral, l'excès d'eau du fen entourant le palse sur trois côtés pénétrait la tourbière, surtout le long de l'interface tourbe–sol minéral. La glace en excès qui s'accumulait à la base de la tourbe et dans le sol minéral a soulevé le palse d'environ 3.5 m au-dessus du bog de plateau tourbeux adjacent et de 4.25 m au-dessus du fen.

Fens côtelés du Nord

Ces terres humides se caractérisent par de basses crêtes étroites de tourbe qui s'allongent transversalement dans les fens, perpendiculairement à l'écoulement de l'eau. Les crêtes (souvent appelées "lanières") sont espacées de cinq à plusieurs dizaines de mètres, décrivant des arcs peu prononcés au travers des fens. Les espaces entre ces crêtes sont d'habitude très mal drainées contrairement aux crêtes où le drainage est quelque peu supérieur. Même si le gradient de pente des fens est presque toujours inférieur à 1°, les crêtes semblent être plus rapprochées dans les fens où les gradients de pente sont plus élevés. Lorsque la déclivité est très faible, les crêtes sont non seulement très espacées, mais également plus sinueuses et interreliées, d'où un modelé réticulé. La hauteur des crêtes va de 10 à 30 cm et atteint 70 cm

Tableau 3–6. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe du centre d'un palse

Profondeur de l'échantillon (cm)	*Décomposition (von Post)*	*Matières*	*Cendres (%)*	*H_2O par volume (%)*	*Ca (mg/kg)*	*Mg (mg/kg)*	*Fe (mg/kg)*
45	4	*Sphagnum*	5.4	58.7	4 646	259	3 423
61	4	*Sphagnum*	3.0	89.2	4 936	533	3 128
72	3	Mousse	5.2	88.8	5 499	530	3 282
96	3	Mousse	5.1	90.6	6 886	576	3 418
112	4	Mousse	4.8	93.6	6 758	564	3 890
132	4	*Carex*–mousse	5.5	83.4	7 118	530	3 877
146	5	*Carex*–mousse	4.8	90.4	9 324	658	5 272
166	5	*Carex*–mousse	5.8	91.0	9 675	639	5 443
183	5	*Carex*–mousse	5.8	91.6	14 885	920	7 945
200	6	*Carex*–mousse–bois	6.6	97.0	16 515	1 645	9 629
209	6	*Carex*–mousse	8.1	92.5	15 942	970	9 437
219	7	*Carex*–mousse–bois	12.4	88.9	16 505	1 132	10 001
248	7	*Carex*–mousse–bois	10.6	85.9	19 436	1 033	11 541
255	7	*Carex*–mousse	8.4	94.5	20 587	1 190	11 554
273	8	Humus–sol minéral	58.7	89.4	—	—	—
285	—	Sol minéral	83.1	74.0	—	—	—

Tableau 3–7. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe de la bordure d'un palse

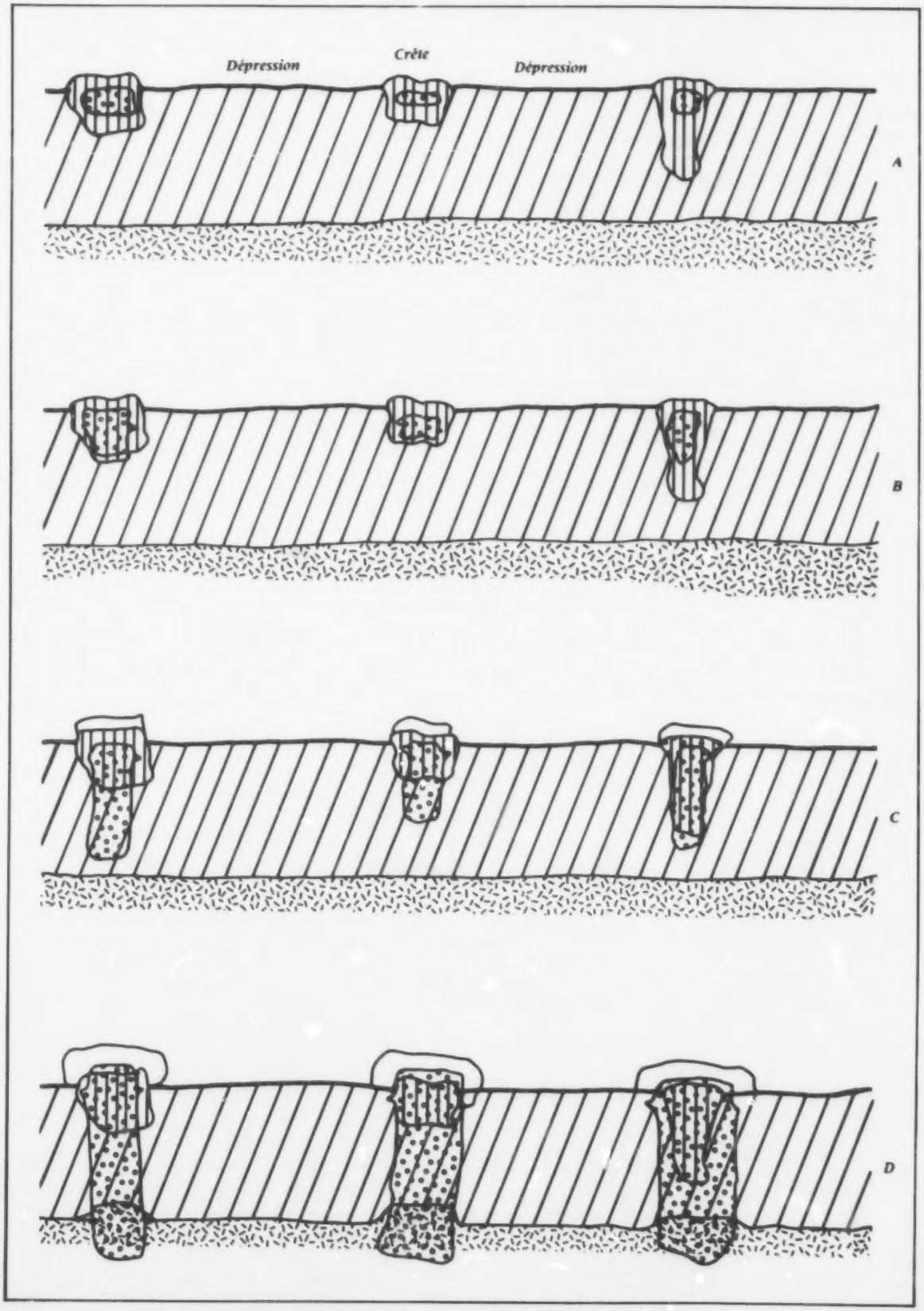
Profondeur de l'échantillon (cm)	*Décomposition (von Post)*	*Matières*	*Cendres (%)*	*H_2O par volume (%)*	*Ca (mg/kg)*	*Mg (mg/kg)*	*Fe (mg/kg)*
39	3	*Sphagnum*	2.8	90.6	4 498	416	171
77	3	Mousse	4.2	88.5	5 162	1 405	2 672
88	3	Mousse	4.4	88.2	6 056	773	3 388
96	4	Mousse	4.1	87.1	7 507	863	4 731
111	5	*Carex*–mousse	6.0	92.8	9 780	885	5 693
120	5	*Carex*–mousse	6.1	94.2	11 751	826	7 835
141	—	Sol minéral	92.4	78.8	—	—	—

ou plus en présence de pergélisol. Les fens côtelés du Nord sont fréquents dans les régions de terres humides du Bas-Subarctique et du Haut-Boréal. La principale différence régionale est que les crêtes du Bas-Subarctique sont souvent pergélisolées, ce qui modifie leur morphologie et nuit au drainage.

Les crêtes sont composées de tourbe légèrement plus dense qui domine la tourbe des dépressions intercalaires. Ces dépressions, les "flarks" d'Andersson et Hasselman (1907), peuvent contenir de la tourbe mouillée ou des cuvettes peu profondes tapissées de tourbe, selon le régime hydrologique du fen. Les crêtes font fonction de barrages s'opposant à l'infiltration de l'eau, comme le montrent les conditions généralement plus mouillées du haut de pente des crêtes. Des mesures de nivellement prises soigneusement ont révélé une légère différence (de moins de 10 cm) de l'élévation de la surface des dépressions successives.

Les crêtes sont légèrement plus sèches que la partie principale du fen. La tourbe, qui est légèrement plus élevée et qui s'assèche périodiquement, sert d'isolant et peut éventuellement empêcher le dégel complet dans les régions subarctiques de terres humides. Lorsque l'eau se transforme en glace, son volume augmente d'environ 10 % (Pounder, 1965), surélevant davantage la surface. Les surfaces ainsi surélevées deviennent alors plus sèches et plus isolantes, accélérant l'apparition du pergélisol qui entraîne la formation de petits bogs de plateau tourbeux sur les crêtes.

Une série d'observations effectuées dans la région de terres humides du Bas-Subarctique montre une séquence qui débute avec un dégel tardif et se termine par des bogs de plateau tourbeux qui recouvrent l'ensemble du fen (figure 3–11). À cause du dégel tardif, le gel persiste dans les crêtes longtemps après le dégel du fen, mais disparaît à la fin de l'été (figure 3–11a). Toutefois, en raison de la présence de gel pendant la majeure partie de l'été, l'écoulement en surface et l'infiltration quasi-superficielle dans le fen sont entravés. Un gel saisonnier persistant peut entraîner l'apparition du pergélisol là où la tourbe demeure gelée toute l'année dans la partie supérieure des crêtes (figure 3–11b); le pergélisol finit par prendre de l'expansion et descendre plus bas (figure 3–11c). Dans


Dépression
Crête
Dépression
A
B
C
D

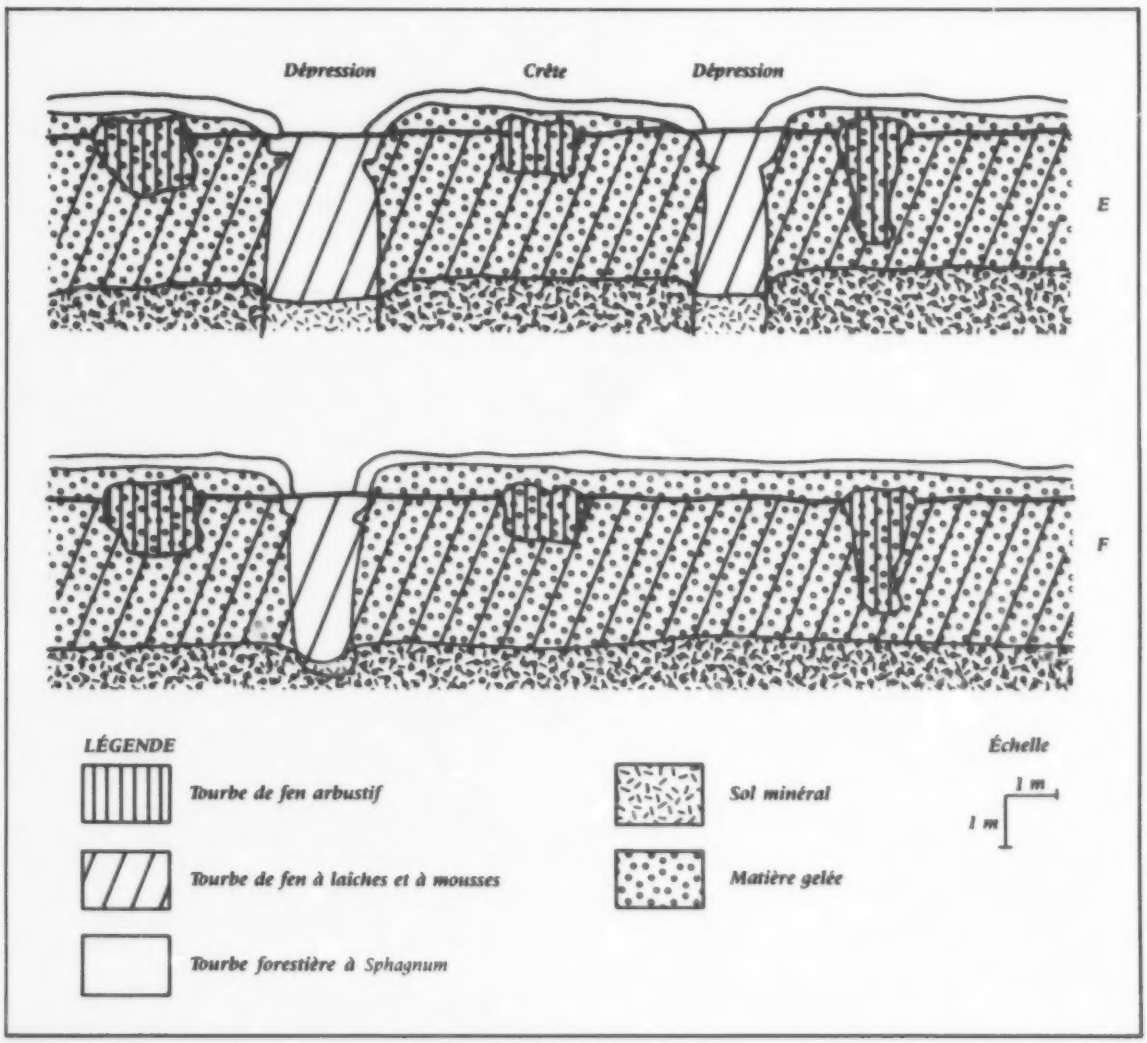


Figure 3–11.

Évolution du pergélisol dans un fen côtelé du Nord.
A – Gel saisonier persistant sur les crêtes au milieu de l'été
B – Petites lentilles de pergélisol dans la tourbe
C – Grandes lentilles de pergélisol dans la tourbe
D – Lentilles de pergélisol atteignant le sol minéral
E – Expansion du pergélisol
F – Présence du pergélisol dans la presque totalité de la terre humide

bon nombre de cas, de tels noyaux de pergélisol apparaissent tout d'abord aux points de jonction de deux ou trois crêtes (figure 3–12). Comme le pergélisol ne bloque les déplacements de l'eau qu'en surface ou près de celle-ci, il permet encore l'infiltration de l'eau dans le fen. Toutefois, avec le temps, des lentilles de pergélisol peuvent atteindre le sol minéral (figure 3–11d), créant une série de barrages traversant le fen. On a observé que de petits ruisseaux se forment alors en surface et permettent l'évacuation de l'eau (figure 3–13). Par conséquent, la qualité de l'eau des terres humides varie, puisque l'eau minéralisée n'atteint plus la surface. Les crêtes commencent à s'épaissir à mesure que le pergélisol gagne les anciennes dépressions (figure 3–11e) qui viennent à disparaître, même s'il reste de petites dépressions mouillées pour marquer leur ancien emplacement (figure 3–11f). Le pergélisol se trouve sous toutes les dépressions, sauf les plus mouillées, et la transformation de fen réticulé en un bog de plateau tourbeux est complète.

La végétation des fens côtelés du Nord est en grande partie déterminée par le degré d'évolution du pergélisol. Dans les fens côtelés à crêtes non pergélisolées, la végétation des dépressions se compose principalement de *Carex* spp. et d'*Eriophorum vaginatum*, accompagnée de mousses comme *Drepanocladus* sp., *Scorpidium* sp. (selon la teneur en eau et en éléments nutritifs), *Campylium* sp. et *Pohlia* sp. Les crêtes sont d'habitude garnies d'arbustes (*Betula glandulosa*, *Ledum groenlandicum*, *Chamaedaphne ca-*

lyculata) et de mousses comme *Sphagnum fuscum* et *Sphagnum magellanicum*.

Dans les fens côtelés du Nord où le pergélisol occupe déjà les crêtes, mais non pas le sol minéral, la végétation des dépressions est dominée par *Carex* spp. et *Eriophorum vaginatum*. Des tapis de *Sphagnum*, composées de *Sphagnum balticum* et *Sphagnum compactum*, peuvent apparaître toutefois en bordure des dépressions. Les crêtes, dont l'élévation est suffisante, abritent une végétation de *Ledum decumbens* et de lichens (*Cladina mitis, Cladina rangiferina*). Les crêtes moins élevées ont tendance à compter davantage d'arbustes (*Betula glandulosa, Kalmia polifolia*) et de laîches. Lorsque le pergélisol bloque le drainage du fen, le tapis de *Sphagnum* et le nombre d'*Eriophorum vaginatum* augmentent dans les dépressions. La végétation des larges crêtes ressemble à celle des bogs de plateau tourbeux : *Picea mariana* et *Betula glandulosa* éparpillés dans une couverture vivante dominée par les lichens.

Les fens côtelés du Nord du Subarctique sont identiques à ceux du Haut-Boréal, si ce n'est de la tendance des crêtes à être pergélisolées. L'origine de la structure des crêtes dans les fens est toujours controversée, de nombreuses théories ont été avancées (Moore, 1982). Le chapitre 4 (qui porte sur les terres humides de la région boréale) examine ce sujet plus en détail. La seule théorie dans laquelle intervient le pergélisol a été soutenue par Schenk (1963), et se fondait sur ses observations de certaines crêtes du nord de l'Europe et de l'Amérique du Nord. Selon lui, lorsqu'une terre pergélisolée à couvert de tourbe s'affaisse en raison du dégel du sol sous-jacent, les blocs

Figure 3–12.
Fen côtelé du Nord où certains points d'articulation de crêtes, marqués par la présence de bouquets de grands arbres, ont été envahis par le pergélisol. Arctic Red River, T.N.-O.

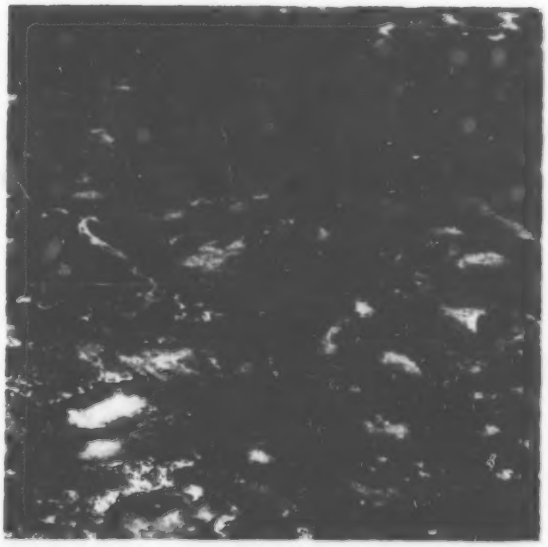


Figure 3–13.
L'expansion du pergélisol dans d'anciennes crêtes a bloqué le drainage dans un fen: les eaux d'écoulent maintenant par une série de petits ruisseaux. Rivière Rengleng, T.N.-O.

de tourbe déformés et brisés modèlent des crêtes et des dépressions. Les observations rapportées ici révèlent toutefois que le pergélisol se développe dans des crêtes déjà existantes et que rien ne prouve un affaissement massif sous les fens côtelés. Les observations mettent donc en doute la série d'événements proposée par Schenk (1963).

On a étudié un fen côtelé, près de la rivière Snake, au Yukon (66°55'N, 133°00'O). Ce fen était situé dans une vaste dépression avoisinant une ligne majeure de partage des eaux. La partie centrale du fen avait un aspect côtelé, mais des bogs de plateau tourbeux occupaient sa périphérie. Les crêtes étaient étroites et de hauteur inégale, allant de 30 à 75 cm, le long d'une même crête. Un court transect a été établi au travers de deux crêtes et de la dépression intercalaire (figure 3–14), de façon à couper le point le plus haut de l'une des crêtes et le point le plus bas

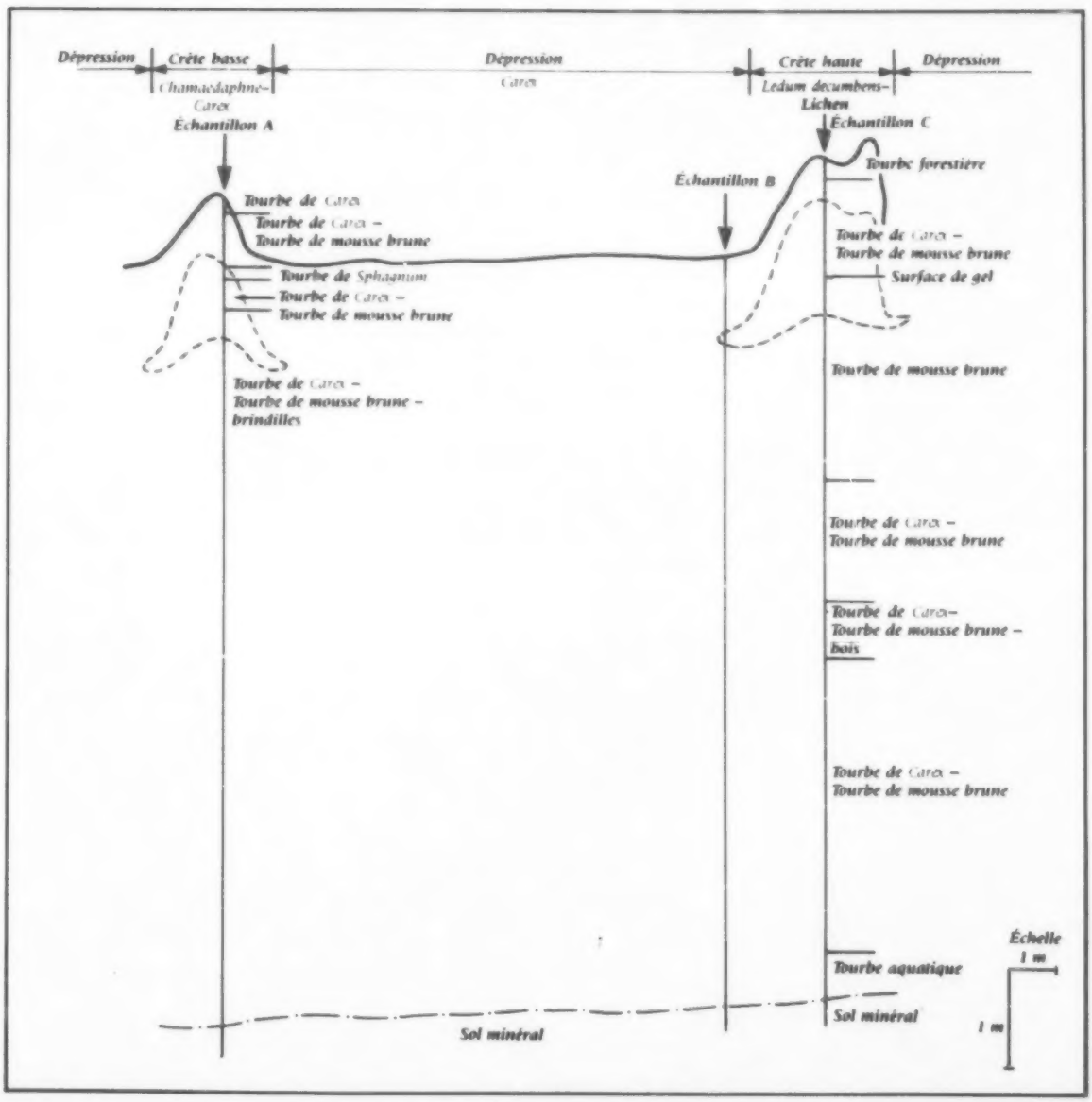


Figure 3–14.
Section transversale d'un fen côtelé du Nord à crêtes pergélisolées. Les lentilles de pergélisol sont indiquées par un pointillé. Rivière Snake, Yukon.

d'une crête avoisinante. La végétation, la profondeur de dégel et la topographie ont été mesurées le long de ce transect.

La végétation de la crête la plus élevée se composait de quelques *Picea mariana*, de faible hauteur, formant environ 10 % du couvert végétal et associés à quelques *Ledum groenlandicum*. Dans les parties dénuées d'arbres, des arbustes nains (*Ledum decumbens*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Rubus chamaemorus*) constituaient près de 30 % du couvert végétal. L'étage de mousses était dominé par *Sphagnum fuscum* couvrant près de 50 % de la surface et les lichens étaient représentés par de petits îlots de *Cladonia sulphurina* et de *Cladonia cornuta*. Environ 20 % du sol était complètement dénudé.

Quelques *Betula glandulosa* arbustifs (5 % du couvert végétal) et arbustes inférieurs de la familles des éricacées occupaient la crête la plus basse. Divers *Carex* spp. formaient la majeure partie du couvert végétal (75 %), mais les mousses (*Sphagnum warnstorfii*, *Sphagnum magellanicum*) y étaient éparses. La dépression était dominée par *Carex* spp. et *Eriophorum vaginatum*, de même que par *Drepanocladus*.

Sur la crête la plus élevée, la couche superficielle (de 0 à 8 cm) se composait d'une tourbe forestière modérément décomposée, constituée de résidus de racines, de mousses et de lichens. Elle reposait sur une tourbe de *Sphagnum* ligneuse fibrique (de 8 à 28 cm) et une tourbe de mousses (*Drepanocladus*)–*Carex* mésique (de 28 à 47 cm) (tableau 3–8, crête élevée). C'est dans cette couche que se situait le plafond du gel à 22 cm. La tourbe sous-jacente se composait principalement de mousse fibrique de *Drepanocladus* (de 47 à 146 cm) et la base de la lentille de gel a été atteinte à 65 cm. Cette couche était suivie d'une tourbe de mousses–*Carex* fibrique à mésique qui reposait sur une tourbe aquatique détritique (de 336 à 356 cm). Le sol minéral se trouvait à 356 cm.

Les analyses chimiques (tableau 3–8, crête élevée) montrent que la teneur en éléments nutritifs de la partie supérieure de cette section est faible, concordant de façon générale avec la teneur en éléments nutritifs des bogs et des fens pauvres. Les valeurs des éléments nutritifs augmentaient proportionnellement avec la profondeur dans le fen non gelé.

Dans la crête plus basse (tableau 3–8, crête basse), la tourbe superficielle (de 0 à 8 cm) se composait d'une tourbe fibreuse de *Carex* reposant sur une tourbe mésique de mousses–*Carex* (de 8 à 24 cm). Le gel se trouvait à la base de cette couche. Elle reposait sur une tourbe mésique de *Sphagnum*–mousse (de 24 à 36 cm) et une tourbe fibrique à mésique de mousses–*Carex* et de *Drepanocladus* qui contenait de petits fragments de brindilles. Il y avait sous cette couche une tourbe non gelée allant jusqu'à une profondeur de 357 cm.

Des analyses chimiques (tableau 3–8, crête basse) montrent que les valeurs des éléments nutritifs (notamment le calcium) étaient faibles dans la partie supérieure de cette section. Ces valeurs augmentaient généralement avec la profondeur. Le seul échantillon prélevé dans le gélisol saisonnier du fen, près de la crête de tourbe élevée, (tableau 3–8, fen) a également une faible teneur en éléments nutritifs, entrant dans la catégorie des fens pauvres (Sjörs, 1950).

Tableau 3–8. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe de trois sites dans un fen côtelé du Nord

Profondeur de l'échantillon (cm)	*Gelée (G) ou non-gelée (NG)*	*Décomposition (von Post)*	*Matières*	*Cendres (%)*	*H_2O par volume (%)*	*Ca (mg/kg)*	*Mg (mg/kg)*	*Fe (mg/kg)*
A—Crête élevée de tourbe								
29	G	5	*Carex*–mousse	5.2	85.6	—	—	—
50	G	3	Mousse	4.7	88.5	3 548	234	2 412
62	G	3	Mousse	6.0	84.4	3 797	271	1 862
117	NG	3	Mousse	8.3	87.7	4 583	286	4 557
135	NG	5	Mousse	10.3	83.0	6 216	350	5 448
160	NG	3	*Carex*–mousse	6.0	87.0	5 960	340	5 516
173	NG	3	*Carex*–mousse	5.0	90.4	6 911	394	6 568
208	NG	6	*Carex*–mousse–brindilles	10.4	84.9	9 720	486	8 159
258	NG	4	*Carex*–mousse	9.3	91.1	10 124	524	10 033
300	NG	4	*Carex*–mousse	12.8	86.9	11 327	534	9 101
345	NG	—	Débris aquatiques	72.2	75.8	—	—	—
358	NG	—	Sol minéral	46.0	93.1	—	—	—
B—Crête basse de tourbe								
27	G	4	*Sphagnum*	4.2	87.5	3 585	350	2 028
49	G	3	Mousse	5.6	94.2	4 548	391	3 599
59	G	5	*Carex*–mousse–brindilles	6.1	88.5	5 967	376	3 256
C—Fen gelé périodiquement								
31	G	3	Mousse	7.1	91.5	4 892	367	2 667

La faible teneur en éléments nutritifs des couches supérieures des deux crêtes révèlent qu'elles sont au-delà de l'influence des eaux de fen. La teneur est faible même dans le fen, ce qui indique que celui-ci, situé près d'une ligne de partage des eaux, ne reçoit pas beaucoup d'éléments nutritifs des régions environnantes.

De minces lentilles gelées ont été trouvées sous les deux crêtes de tourbe. La période d'échantillonnage (mi-août) permettait de supposer qu'elles ne dégèlent pas complètement pendant l'été et qu'elles pourraient, par conséquent, persister sous forme de nouveaux noyaux minces de pergélisol.

Les sections tourbeuses des crêtes montrent la présence d'un fen arbustif (tourbe de petites brindilles–mousses–*Carex*), révélant la présence d'un habitat un peu plus sec que dans la dépression. Ce phénomène peut indiquer la formation initiale des crêtes. Compte tenu des conditions actuelles de cette région, on ne s'attend toutefois pas à trouver du pergélisol dans les fens arbustifs. Par conséquent, les nouvelles lentilles de pergélisol ont commencé à se former assez récemment, après que les crêtes se soient élevées au-dessus du niveau du fen.

Fens de chenal

Ces formes de terres humides minérotrophes ont d'habitude une surface plate et sans relief qui s'incline en pente douce dans la direction de l'écoulement des eaux. Elles sont confinées à des chenaux étroits et bien délimités creusés dans des bas-plateaux à sol minéral, dans l'assise rocheuse ou dans des formes de relief modelées dans un sol organique gelé. La végétation est généralement uniforme et composée d'espèces herbacées, arbustives et arborescentes, caractéristiques des sites riches en éléments nutritifs alimentés par les eaux minérotrophes des terrains minéraux environnants et les eaux d'amont. Le dépôt de tourbe sous-jacent est modérément à bien décomposé et son épaisseur varie de 40 cm à une moyenne de plus de 3 m. Cette forme de terre humide se trouve partout dans le Subarctique, dans les endroits où la physiographie est appropriée.

De nombreux fens de chenal existent dans la région de terres humides du Bas-Subarctique, formant des associations complexes avec des bogs de plateau tourbeux et de palse subissant l'influence du pergélisol. Les fens sont non gelés et se caractérisent par un relief plat entraînant, la plupart du temps, un mauvais drainage en surface. Les bogs de plateau tourbeux et de palse associés forment des reliefs locaux dans les fens et modifient la configuration du drainage superficiel. La limite entre le fen non gelé et les bogs de plateau tourbeux adjacents ou les bas-plateaux est étonnamment abrupte (figure 3–15). Dans la sous-région du Haut-Subarctique continental, la tourbe des fens de chenal subit souvent l'influence du pergélisol, qui ne la soulève toutefois pas en bogs de plateau tourbeux. La tourbe a habituellement moins de 2 m d'épaisseur dans cette région.

Figure 3–15.
Un fen de chenal occupé par un "îlot" de tourbe, montrant une certaine réticulation. Rivière Hume, T.N.-O.

La structure et la composition du couvert végétal reflètent les conditions de drainage du fen. Une forêt ouverte et rabougrie avec un mauvais drainage se transforme en une communauté végétale de fen hygrophile. Les fens arborés sont caractérisés par une forêt ouverte où *Larix laricina* est l'espèce la plus répandue. Des arbustes, généralement *Betula glandulosa* (*Betula pumila* dans l'est) peuvent dominer certaines portions du fen. Dans la sous-région du Haut-Subarctique continental, la plupart des fens de chenal sont dominés par des laîches et généralement dénuées d'arbustes et d'arbres. Des arbustes (*Betula glandulosa*) peuvent pousser en bordure du chenal, où le drainage est légèrement meilleur.

Des associations végétales de fens ouverts, sans arbres et avec de rares arbustes, peuvent occuper de vastes portions de fens associées habituellement à de petites mares d'eau (Sims *et al.*, 1982). La végétation dominante se compose d'espèces de graminées (*Scirpus hudsonianus, Scheuchzeria palustris, Rhynchospora alba, Carex limosa*). Quelques arbustes (*Salix pedicellaris, Myrica gale, Betula pumila*), peuvent s'y trouver mais sans dominer. Ils sont d'habitude associés à de petits tapis de mousses de *Sphagnum fuscum, Tomenthypnum nitens* et de *Pleurozium schreberi*.

Les 30 à 60 cm supérieurs de la tourbe sont d'habitude fibriques et peu décomposés, étant constitués de mousses et de blocs radiculaires. Cette couche repose sur une tourbe modérément à bien décom-

posée dans laquelle on peut trouver des copeaux de bois provenant d'arbres et d'arbustes. Les dépôts de tourbe de base sont généralement bien décomposés. Ces sols sont dominés par des mésisols fibriques.

Les eaux irriguant les fens ont traversé le sol minéral et se sont enrichies de leurs éléments nutritifs. Dans les basses-terres de la baie James, le pH de l'eau des fens arborés, arbustifs et à graminées se situait en moyenne entre 6 et 6.6. La conductivité était en moyenne de 0.091 à 0.200 mS/cm et la teneur en calcium de 16.5 à 21.9 mg/L (Sims *et al.*, 1982).

On a fait une étude plus détaillée d'un fen de chenal arboré des basses-terres de la baie d'Hudson, près de la rivière Pennycutaway, au Manitoba (56°39'N, 93°03'O). Le fen occupe un couloir de drainage relativement étroit (de 0.3 à 0.8 km de largeur) qui traverse pendant près de 9 km le grand paysage plat à creusé des basses-terres qui étaient autrefois recouvertes par la mer. La forme de ces terres humides est en grande partie fixée par les complexes de plateaux tourbeux qui bornent les extrémités du couloir de drainage.

On a examiné la stratigraphie de la végétation et de la tourbe à environ 50 km du bord du fen, dans le cours supérieur du couloir de drainage. La partie arborée du fen avait un couvert épars de *Larix laricina* de faible hauteur (de 3 à 6 m). Les arbustes, dominés par *Betula glandulosa* et *Andromeda polifolia* formaient un couvert vivant presque fermé. L'étage herbacé se composait de *Carex limosa*. Un couvert de mousse presque complet, composé de *Sphagnum warnstorfii* recouvrait les crêtes basses et formait des coussins.

Les endroits plus mal drainés étaient dépourvus de couvert arboré : les arbustes *Betula glandulosa* et *Andromeda polifolia* dominaient. L'étage herbacé se composait principalement de *Carex limosa* et comprenait souvent *Menyanthes trifoliata*. L'étage de mousse de ces endroits plus mouillés était dominé par *Aulacomnium palustre* et *Drepanocladus* spp.

L'épaisseur de la tourbe était de 185 cm et la nappe phréatique se trouvait à plus de 15 cm sous la surface. La carotte prélevée montrait que les 45 cm superficiels se composaient d'une tourbe de *Sphagnum* qui se transformait graduellement en une tourbe mixte de *Sphagnum* et de laîches, caractéristique des endroits boisés et humides. La rareté des inclusions ligneuses reflétait l'ouverture du couvert forestier et sa faible qualité. Cette tourbe reposait sur une tourbe de fen plus décomposée comprenant *Carex* spp., *Drepanocladus* spp. et quelques petites brindilles occasionnelles (de 45 à 120 cm). Une tourbe mixte de laîches et de mousses se transformant graduellement en une mince couche de tourbe bien décomposée recouvrait le sol minéral sous-jacent. Les types de sols les plus fréquemment associés aux fens de chenal sont les mésisols typiques et les mésisols en phase sphagnique.

Les analyses chimiques (tableau 3–9) montrent que la teneur en éléments nutritifs, notamment en calcium, était élevé partout dans la tourbe et augmentait avec la profondeur. Le pH bas de la partie supérieure de la section de tourbe reflétait peut-être une diminution de la teneur en minéraux, due à l'apparition du pergélisol dans les terres des eaux d'amont et dans le terrain organique environnant, ce qui limite le contact entre les eaux souterraines et le sol minéral.

La séquence stratigraphique observée dans les échantillons prélevés permet de supposer que ces terres humides ont tout d'abord été un marécage peu profond, qui s'est par la suite transformé en un fen qui a été supplanté par un fen arbustif peuplé de conifères disséminés et qui a persisté pendant très longtemps. Lors des derniers stades, l'étage de *Sphagnum* et le couvert arborescent ont augmenté pour former le fen arboré actuel. Certains endroits en bas de pente sont toujours des fens arbustifs et des fens parsemés de mares d'eau ouvertes, équivalent contemporain des stades antérieurs présumés au site d'échantillonnage.

Bogs en plaqué et fens effondrés

Les bogs en plaqué se caractérisent par de minces couches superficielles de tourbe sur un terrain en pente douce et par des plaques de pergélisol. L'épaisseur de la tourbe varie de 0.3 à 1.5 m et sa profondeur augmente d'habitude vers le bas des pentes. Ces bogs sont répandus en milieu et en bas de

Tableau 3–9. Propriétés chimiques et physiques de la tourbe d'un fen horizontal

Couche échantillonnée (cm)	pH ($CaCl_2$)	Teneur en fibres		Matières	Cendres (%)	C organique (%)	N total (%)	Cations échangeables* (mé/100 g)				
		Frottées (%)	Non-frottées (%)					Ca	Mg	Na	K	H
0–45	4.9	56	64	*Sphagnum magellanicum–Carex*	5.0	56.8	2.4	45.9	9.6	1.0	0.6	60.9
45–120	5.0	24	52	Hypne cimier–*Sphagnum–Carex*	5.0	57.9	2.6	59.1	11.1	2.6	0.1	59.0
120–185	5.8	20	36	*Carex–Drepanocladus*	7.0	57.3	2.4	86.4	7.6	4.9	0.1	52.5
185+	7.6	—	—	Minérales (terreau limoneux)	—	0.8	—	—	—	—	—	—

**Bases extractibles à l'acétate d'ammonium.*

pente sur les terrains à faible déclivité, dans toute la partie nord de la région de terres humides du Haut-Boréal et dans la partie sud du Bas-Subarctique. Vues des airs, ces pentes se caractérisent par une nette configuration de lignes parallèles. Ces lignes parallèles, dites "ruisselets", sont diversement espacées mais toujours orientées vers le bas de pente, permettant de présumer de la configuration du drainage (Zoltai et Pettapiece, 1973). Même si la topographie associée à ces ruisselets est souvent mal définie, les différences du couvert végétal des ruisselets et des espaces les séparant aident à les localiser au sol (figure 3–16). Le bord de chaque ruisselet est marqué par des arbres de plus grande taille (jusqu'à 10 m de hauteur) en comparaison des arbres de 3 à 7 m dans les espaces les séparant (Mills *et al.*, 1978). De plus, les espèces des ruisselets sont beaucoup plus variées. On y retrouve des mélanges de *Picea mariana*, *Larix laricina* et quelques *Betula papyrifera* ainsi que des arbustes (*Betula glandulosa*, *Alnus rugosa* ou *Alnus crispa* et *Salix* spp.), des laîches et quelques espèces de mousses. Dans la région de terres humides du Boréal on trouve aussi des arbustes et des plantes herbacées de faible hauteur typiques des bas-plateaux, comme *Cornus canadensis* et *Fragaria vesca*. Une plus grande croissance d'arbres et la richesse des espèces de moindre importance le long des ruisselets reflètent l'écoulement des eaux de drainage qui engendre des conditions marécageuses.

Dans la région de terres humides du Boréal, les endroits situés entre les ruisselets se caractérisent, selon l'épaisseur de la tourbe, par un couvert forestier typique des sols organiques mal drainés qui se sont formés à partir de tourbe de *Sphagnum* ou de tourbe forestière et de sols minéraux mal drainés. Le couvert arborescent varie donc, allant de bosquets fermés à des forêts assez ouvertes d'épinettes noires. Dans la région de terres humides du Bas-Subarctique, le couvert forestier se compose principalement de peuplements ouverts d'épinettes noires rabougries, peu importe la profondeur de la tourbe. L'étage arbustif se compose en grande partie de *Ledum groenlandicum* (*Ledum decumbens* dans le Subarctique), d'une quantité moindre de *Chamaedaphne calyculata*, *Rubus chamaemorus* et de *Picea mariana* arbustifs. Les autres plantes herbacées et arbustes inférieurs regroupent *Vaccinium myrtilloides*, *Vaccinium vitis-idaea*, *Oxycoccus microcarpus*, *Eriophorum* spp. et *Carex* spp. L'étage arbustif est épars ou inexistant dans les endroits plus densément boisés. La couverture vivante se compose de mousses gazonnantes comme *Pleurozium schreberi* et *Hylocomium splendens*, parsemées de grosses buttes de *Sphagnum fuscum*. Les lichens (principalement *Cladina* spp.) forment des plaques dans les endroits plus secs, occupés par l'hypne cimier. La couverture lichénique est plus abondante dans la région de terres humides du Subarctique où les arbres sont plus disséminés.

Le pergélisol des bogs en plaqué est discontinu; il est plus répandu dans les terres humides du Subarctique que dans celles du Boréal. L'épaisseur de la couche active varie de 60 à 150 cm, mais cette variation diminue dans le Subarctique et les parties septentrionales du Boréal.

Les bogs en plaqué sont souvent la composante dominante des terres humides occupant des terrains faiblement ondulés, onduleux ou côtelés et peuvent couvrir de façon continue des régions de plusieurs kilomètres carrés. Les limites des bogs en plaqué ne sont pas bien définies, se fusionnant graduellement à des bas-plateaux bien drainés le long des versants supérieurs et à des fens ou des complexes de plateaux tourbeux le long des bas de pente.

Un bog en plaqué accompagné de fens effondrés (figure 3–17) près de Thompson au Manitoba (55°55'N, 97°43'O) a été étudiée en détail (Mills *et al.*, 1985). Il occupe le milieu et le bas d'un versant, en pente très douce et exposé au nord qui repose sur un dépôt lacustre d'argile. Plusieurs transects ont été établis du haut vers le bas de la pente au travers de cette tourbière pour y noter les caractéristiques topographiques, la végétation et les types de sols, l'épaisseur du placage de tourbe et la hauteur du plafond du pergélisol.

La dénivellation de la surface de la tourbière est de 2.5 m sur une distance de 175 m allant du bas-plateau à un bog de plateau tourbeux boisé au pied de la pente. La surface de ce fen est parsemée de microthufurs, où les couloirs de drainage sont en pente douce, et de secteurs d'affaissement de plats à creusés.

Le bog en plaqué est recouvert d'une forêt d'épinettes noires de divers âges, caractéristique des parties septentrionales de la région de terres humides du Boréal. Les arbres recouvrent environ 40 % de la

Figure 3–16.
Bog en plaqué à dépression plus foncée. La pente est orientée de droite à gauche. Plateau Horn, T.N.-O.

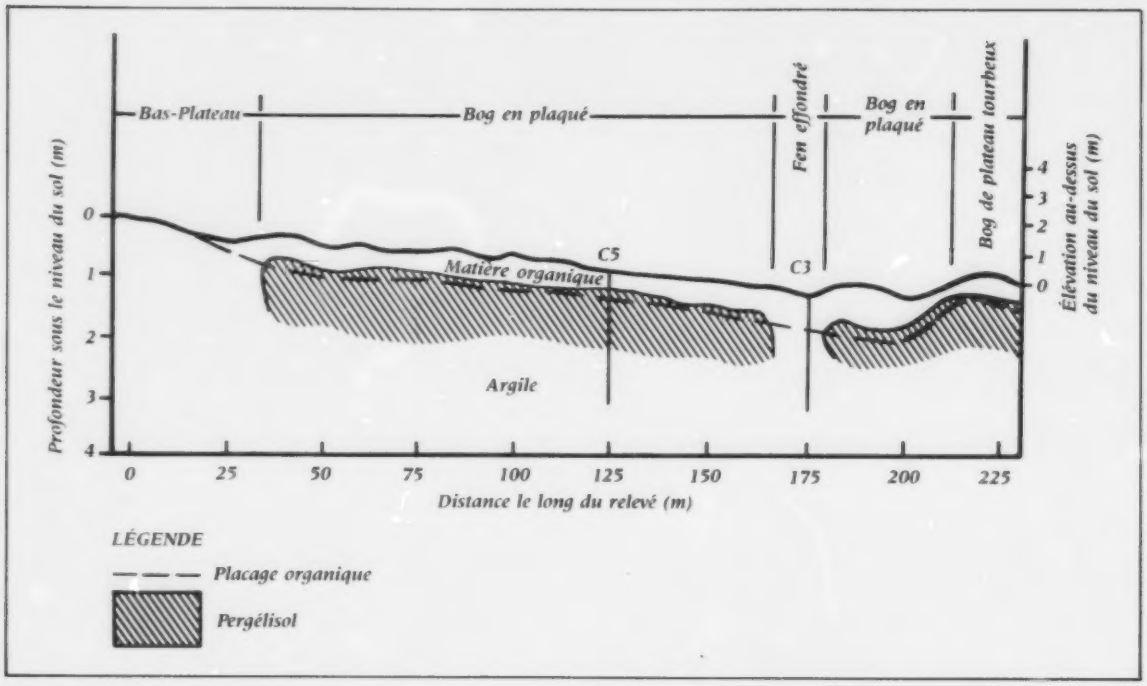


Figure 3–17.
Section transversale d'un bog en plaqué sur une couche de dépôts lacustres argileux, à faible déclivité près de Thompson, Manitoba.

surface, formant des peuplements assez ouverts séparés par de nombreuses petites clairières. La hauteur des arbres varie de 3 à 5 m et des épinettes arbustives (de moins de 1 m de hauteur) poussent en association avec *Ledum groenlandicum* et *Vaccinium myrtilloides* dans les secteurs ouverts. Les clairières ont souvent un étage herbacé, composé d'espèces comme *Vaccinium vitis-idaea* et *Rubus chamaemorus*. Dans les peuplements d'épinettes plus denses, les mousses gazonnantes *Pleurozium schreberi* et *Hylocomium splendens* rendent la surface bosselée. Des lichens (*Cladina* spp.) occupent le sommet des thufurs plus secs. *Sphagnum* spp. forment des tapis et des thufurs ou buttes gazonnées en association avec diverses espèces d'hypne cimier et couvrent environ 75 % de la surface dans les couloirs de drainage et les dépressions plus humides.

Le bog se caractérise par des cryosols organiques peu profonds associés à des cryosols statiques brunisoliques et des brunisols gleyifiés où le placage organique est mince. Le pergélisol se trouve d'habitude à moins de 2 m de la surface, mais les ruisselets peuvent avoir une couche active plus profonde ou bien le pergélisol peut en être absent. Des fens effondrés se trouvent là où le pergélisol a fondu dans le bog en plaqué; les sols sont alors des fibrosols terriques ou des gleysols régosoliques (phase turbique).

La couche organique du bog en plaqué a une épaisseur qui varie de 27 à 70 cm, pour une moyenne de 46 cm. Des carottes et des échantillons détaillés ont été prélevés dans deux sites (C5 et C3, figure 3–17). Le site C5 se trouve approximativement près du point médian du bog en plaqué et se caractérise par une couche organique de 72 cm d'épaisseur qui se compose d'une tourbe fibrique de *Sphagnum* (58 cm) reposant sur une tourbe humique de laîches–roseaux à particules ligneuses de 12 cm d'épaisseur. Le sol minéral sous-jacent est argileux et comporte un horizon Bm mal défini, au-dessus de la surface de gel. La couche active avait une épaisseur de 85 à 120 cm lors de l'échantillonnage et l'épaisseur du placage organique allait de 30 à 75 cm. Le sol est classé comme un cryosol organique fibrique terrique.

Les 30 cm supérieurs de la tourbe ont une faible teneur en éléments nutritifs disponibles et sont extrêmement acides (tableau 3–10). Les valeurs des éléments nutritifs augmentent légèrement dans la couche suivante et atteignent leur maximum dans la couche basale humifiée. Ces analyses révèlent que la végétation vivante de mousses tire la majeure partie de ses éléments nutritifs des pluies, mais que certaines des espèces végétales plus profondément enracinées peuvent obtenir des éléments nutritifs de la tourbe bien décomposée et des couches supérieures du sol minéral.

Des carottes ont été prélevées au site C3 (figure 3–17), dans un petit fen effondré irrégulier dont le diamètre allait de 25 à 75 m et qui était situé à 50 m en aval du site C5. Ce fen se trouve vers le bas du versant du bog en plaqué et reçoit donc les eaux de ruissellement et d'infiltration des parties supérieures du versant du bog. Le fen effondré est très mal drainé et dénué d'arbres. Au centre, la végétation dominante

se compose de *Carex* spp. et de *Drepanocladus* spp. Des arbustes inférieurs comme *Salix* spp., *Chamaedaphne calyculata*, *Betula glandulosa*, *Vaccinium myrtilloides* et quelques *Picea mariana* arbustifs occupent les bordures légèrement mieux drainées du fen. La couverture vivante sous les arbustes se compose de *Carex* spp. et de *Drepanocladus* spp. parsemés de quelques plaques de *Sphagnum* spp. et d'hypne cimier.

L'épaisseur de la tourbe à ce site était de 55 cm. La séquence tourbeuse révèle une accumulation relativement uniforme de tourbe fibrique de *Carex–Drepanocladus*. Ce sol organique peu profond est classé comme un fibrisol terrique. Les analyses chimiques (tableau 3–10) montrent que les valeurs des éléments nutrifiifs de la tourbe sont très semblables à celles de la partie arborée du bog en plaqué, les principales différences se situant au niveau du pH et de la teneur en ions-hydrogène interchangeables. La tourbe de surface des parties boisées du bog n'est donc pas aussi fortement influencée par les eaux souterraines que ne l'est celle du fen effondré.

L'épaisseur de la couche active mesurée aux mêmes sites dans le bog en plaqué variait de 60 à 150 cm sur une période de cinq ans. De telles variations d'une année à l'autre et d'un site à l'autre révèlent la fragilité de l'équilibre de ces terres humides où le gel persiste. Les observations indiquent que certaines successions de conditions météorologiques peuvent augmenter ou diminuer l'étendue du pergélisol et l'épaisseur de la couche active. Des étés chauds, des hivers froids, l'absence de neige ou un manteau nival particulièrement épais peuvent entraîner des variations annuelles importantes. Des incendies pendant les saisons sèches peuvent complètement effacer le placage organique, entraînant habituellement la dégradation totale du pergélisol.

Le drainage du bog en plaqué influe également sur la genèse de la terre humide et la répartition du pergélisol. La morphologie des ruisselets indique qu'ils servent de canaux d'évacuation aux eaux de ruissellement au printemps et aux eaux d'infiltration pendant le reste de la saison chaude, à mesure que fond le gel saisonnier. Les sondages montrent que la couche active est plus profonde ou que le pergélisol est inexistant sous les ruisselets et les canaux d'infiltration, alors que la profondeur du dégel annuel est d'habitude moindre dans les parties mieux drainées (entre les ruisselets ou sous les crêtes légèrement soulevés le long des ruisselets). La canalisation de la majeure partie des eaux de ruissellement améliore le drainage superficiel dans les secteurs entre les ruisselets et entraîne la persistance du pergélisol dans le bog en plaqué.

Tableau 3–10. Propriétés chimiques et physiques des sols de deux sites dans un bog en plaqué

Horizon du sol	Couche échantillonnée (cm)	pH ($CaCl_2$)	Teneur en fibres		Matières	Cendres (%)	C organique (%)	N total (%)	Cations échangeables* (mé/100 g)				
			Frottées (%)	Non-frottées (%)					Ca	Mg	Na	K	H
A—Bog en plaqué													
Of1	0–30	3.6	86	96	*Sphagnum*	6.2	56.5	0.7	24.9	8.8	3.4	3.9	79.6
Of2	30–58	5.2	64	88	*Sphagnum*	7.6	56.3	1.1	64.5	15.1	0.7	1.5	49.1
Oh	58–70	5.6	8	16	*Carex*–bois	50.4	27.7	1.0	74.9	18.0	2.9	1.3	41.4
Ah	70–73	5.9	—	—	Terreau limoneux	—	7.4	0.3	31.0	6.9	0.2	0.5	12.6
AB	73–80	6.0	—	—	Argile	—	2.5	—	21.8	6.0	0.2	0.6	6.7
Bm	80–95	7.3	—	—	Argile	—	0.5	—	22.9	5.1	0.2	0.6	4.1
BC	95–115	7.5	—	—	Argile	—	0.4	—	31.8	1.6	0.2	0.6	—
*Ck***	115–120	7.5	—	—	Argile	—	—	—	32.2	4.7	0.2	0.7	—
Ckz	120–150	7.5	—	—	Argile	—	—	—	33.2	5.4	0.2	0.7	—
B—Fen effondré													
Of1	0–30	5.3	—	78	*Carex–Drepanocladus*	13.8	50.8	1.6	20.4	9.0	0.4	2.5	47.4
Of2	30–55	5.1	—	76	*Carex–Drepanocladus*	19.9	48.2	1.3	30.3	10.8	1.6	1.3	54.4
Ahg	55–70	5.1	—	—	Argile limoneuse	—	11.3	0.4	29.1	3.1	1.3	0.1	35.1
ACg	70–80	5.3	—	—	Argile	—	4.7	0.2	21.3	1.0	0.4	0.3	15.6
Cg1	80–100	5.5	—	—	Argile	—	—	—	17.2	0.3	0.2	0.3	9.0
Cg2	100–150	6.2	—	—	Argile	—	—	—	19.2	7.5	0.1	0.6	7.5
Ckg1	150–200	7.3	—	—	Argile	—	—	—	31.8	6.8	0.1	0.5	—

**Bases extractibles à l'acétate d'ammonium.*
***Surface de gel à 120 cm.*

Les relations existant entre la succession chronologique de la tourbe, la végétation, le drainage et le pergélisol associés aux bogs en plaqué révèlent le cours possible de son évolution. Les macrofossiles de la tourbe des bas de versants du bog en plaqué montrent que cette partie du bog s'est probablement formée à partir d'une prairie humide de mousses–laîches–arbustes, se transformant ensuite en une forêt de *Sphagnum*–hypne cimier–épinettes noires. Au milieu des versants modérément bien drainés, des forêts de bas-plateaux, dominées par

Figure 3–18.
Limite abrupte entre un marais de plaine d'inondation (gauche) et un marécage de plaine d'inondation (droite). Delta du Mackenzie. T.N.-O.

Pinus banksiana, *Picea glauca* et *Populus tremuloides*, sont apparues dans des sols brunisoliques. Toutefois, ces versants se sont graduellement transformés en marais à mesure que la forêt d'épinettes, dominée par une couverture vivante mixte de mousses, y progressait. Dans la région de terres humides du Subarctique, la forêt ouverte d'épinettes noires–lichens, peuplant le milieu des versants, a graduellement été modifiée par l'empiètement des espèces de mousses formant la couverture vivante mixte.

La surface tourbeuse, au fil de sa progression sur les versants, captait une grande partie de l'humidité qui tombait sur la région, en plus d'intercepter une grande partie des eaux de ruissellement qui s'écoulait du haut des versants. L'expansion du placage de tourbe combinée avec son action isolante et l'ombre procurée par les arbres de la forêt associée ont favorisé l'apparition du pergélisol dont la répartition était d'abord sporadique. Le pergélisol s'est répandu à mesure que le placage de tourbe progressait et s'approfondissait.

Marécages et marais de plaine d'inondation

La plupart des grands cours d'eau sont bordés d'une plaine d'inondation active qui est inondée pendant les crues printanières. On y retrouve des zones de végétation distinctes, qui reflètent les niveaux du sol inondés, la durée des inondations et leur fréquence (Gill, 1971). Dans le delta du Mackenzie, la formation végétale la plus proche du chenal fluvial se compose d'une communauté d'*Equisetum*, suivie par *Salix–Equisetum*, *Populus*, une communauté de *Populus* sur le déclin et, finalement, des communautés de *Picea* qui sont les plus éloignées du cours d'eau (Gill, 1973). De toutes ces communautés, celle d'*Equisetum* occupe un marais, car elle est submergée chaque année pendant une longue période (figure 3–18). La communauté de *Salix–Equisetum*, qui est moins souvent inondée, peuple un marécage de plaine d'inondation, mais les communautés arborescentes (*Populus* sp., *Picea* sp.), qui sont rarement inondées ont une nappe phréatique en-dessous de leur zone d'enracinement et ne sont pas des terres humides. Des zones de végétation semblables se trouvent le long de certaines des plaines d'inondation associées aux rivières Big Spruce et Seal du nord du Manitoba (Ritchie, 1959).

La végétation dominante du marais de plaine d'inondation se compose d'*Equisetum fluviatile* et de quelques *Salix alaxensis* et de la mousse *Leptobryum pyriforme* (Gill, 1971, 1973). Le profil du sol ne présente aucune évolution particulière et est classé comme un gleysol régosolique (Veldhuis, 1980). En été, la nappe phréatique se trouve légèrement au-dessus du niveau d'eau du chenal fluvial avoisinant. Le pergélisol est d'habitude inexistant (figure 3–19) (Heginbottom et Tarnocai, 1983).

La zone suivante de végétation est un marécage composé de *Salix alaxensis* atteignant une hauteur de 3 à 4 m et d'une couverture vivante presque complète d'*Equisetum arvense*. Parmi les autres espèces, on trouve notamment *Hedysarum alpinum, Aster sibiricus, Campylium stellatum* et *Leptobryum pyriforme* (Gill, 1971). Les sols de la saulaie (*Salix* sp.) appartiennent à deux classes différentes (Veldhuis, 1980). Le front de la saulaie, qui occupe une bande parallèle au chenal, pousse dans un régosol cumulique gleyifié. C'est dans ce secteur que les congères sont d'habitude les plus hauts et que leur effet isolant est le plus marqué, empêchant probablement la formation de pergélisol. Le sol du reste de la saulaie est un régosol cumulique gleyifié, en phase cryique, qui contient du pergélisol à des profondeurs de 100 à 120 cm.

Plans d'eau thermokarstique peu profonde

Les rivages des lacs situés dans des bassins peu profonds aux sols riches en glace sont instables. L'action de la chaleur et des vagues les creuse, les faisant constamment dégeler et les érodant. Le bassin sous-jacent au rivage nouvellement submergé s'approfondit à mesure que fond la glace du pergélisol en voie de dégradation et que le sol s'affaisse (phénomène thermokarstique). Dans certains cas, ce phénomène peut entraîner l'érosion de la décharge du lac, d'où l'évacuation partielle ou complète des eaux du lac (figure 3–20). Le pergélisol se forme dans le lit exposé du lac qui se soulève à mesure que l'eau souterraine gèle. Une deuxième génération de lacs s'établit souvent dans le partie inférieure des anciens lits, renouvelant le cycle de formation et d'érosion des lacs.

Il y a un grand nombre de ces lacs peu profonds dans la partie la plus ancienne du delta moderne du

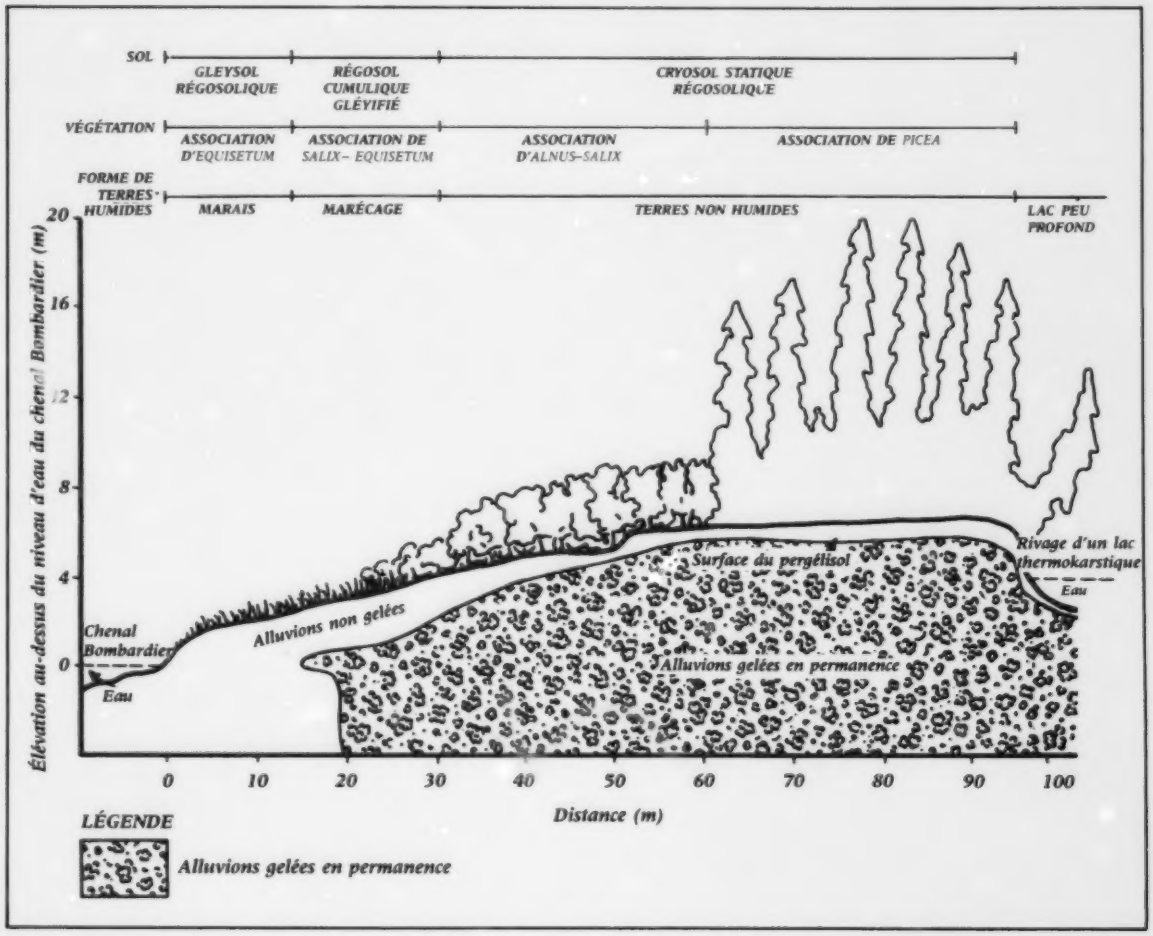


Figure 3–19.
Section transversale montrant la végétation, le sol, et les conditions de pergélisol sur une plaine d'inondation dans le delta du Mackenzie, T.N.-O.

Mackenzie, dans le bassin lacustre tourbeux d'Old Crow, et dans les sédiments marins tourbeux des basses-terres littorales de la baie d'Hudson. Ils sont également visibles dans la Grande plaine de la Koukdjuak, sur la Terre de Baffin.

Dans les basses terres de la baie d'Hudson, les lacs thermokarstiques sont répandus dans les milieux tourbeux caractérisés par des polygones à centre convexe ou concave. Les lacs ont une forme allongée (plus de 1 km de longueur), sont généralement peu profonds (moins de 3 m de profondeur) et ont un fond plat. Une hypothèse sur l'évolution de ces lacs a été élaborée à partir du changement prévu des caractéristiques thermiques de la tourbe parallèlement aux variations de la teneur en eau (Dredge et Nixon, 1979). Ces plans d'eau peu profonde semblent faire partie de la séquence d'évolution des polygones à centre concave ou convexe. D'abord, de petites mares se forment à mesure que certaines crevasses de polygones se creusent. Ces mares peuvent s'agrandir et se fusionner pour former de plus grands lacs thermokarstiques, qui peuvent favoriser l'apparition d'une nouvelle tourbière s'ils sont drainés.

Figure 3–20.
Lacs peu profonds et bassins de lacs récemment exposés par le drainage des lacs. Plaine de Old Crow, Yukon.

La taille des lacs varie de quelques centaines à plusieurs centaines d'hectares. Bon nombre d'entre eux n'ont pas de décharge, mais d'autres sont reliés par de petits cours d'eau. La profondeur moyenne de onze lacs de la plaine de Old Crow était de 1.4 m (Ruttan, 1974a). De même, la profondeur maximale dans un lac expérimental du delta du Mackenzie était de 2.25 m (Snow et Rosenberg, 1975a). L'épaisseur moyenne de la glace en mars variait de 75 à 90 cm dans la plaine de Old Crow (Ruttan, 1974a), d'où la présence d'eau non gelée dans les parties les plus profondes des lacs.

Le pH de deux lacs peu profonds du delta du Mackenzie variait de 7.2 à 8.75 et la conductivité de 0.15 à 0.31 mS/cm (Snow et Rosenberg, 1975b). En règle générale, les lacs dotés d'un chenal d'arrivée ou inondés périodiquement par des crues fluviales ont une plus forte teneur en éléments nutritifs que les lacs sans afflux.

La répartition des macrophytes est déterminée par la profondeur de l'eau. *Carex aquatilis* et *Juncus* spp. sont des espèces répandues dans les eaux peu profondes près de rivages stables. *Lemna trisulca*, une plante aquatique nageante, peuple souvent ces endroits en grand nombre. On rencontre *Equisetum fluviatile*, *Menyanthes trifoliata*, *Hippuris vulgaris*, *Potamogeton foliosus* et *Myriophyllum* sp. dans les eaux peu profondes. Dans l'eau profonde (d'environ 0.9 à

1.8 m), on trouve *Potamogeton foliosus* et *Potamogeton richardsonii*, ainsi que *Nuphar polysepalum* (Ruttan, 1974a).

Dans la région du delta du Mackenzie, l'espèce de phytoplancton *Chrysophyta* dominait complètement un lac turbide. Elle était également très répandue dans les lacs limpides, mais d'autres diatomées comme *Chlorophyta* spp., *Pyrrhophyta* spp. et *Cryptophyta* spp. y étaient également présents en nombres importants (Snow et Rosenberg, 1975a, 1975b).

Évolution régionale des terres humides

Bilan des éléments nutritifs

Le bilan des éléments nutritifs des terres humides est déterminé par la composition chimique des eaux souterraines associées et par l'humidité atmosphérique qui tombe sur la région. Les contaminants atmosphériques élémentaires sont généralement semblables dans diverses parties septentrionales du Canada et, en fait, dans l'Europe septentrional (Glooschenko et Capobianco, 1978). On peut attribuer les principales différences dans le bilan des éléments nutritifs des différentes terres humides subarctiques à la qualité des eaux souterraines qui se sont enrichies au contact avec un sol minéral. Toutefois, des différences géologiques et géochimiques régionales influent sur la quantité d'éléments nutritifs contenus dans les eaux souterraines. Ainsi, la tourbe de fen des régions riches en carbonates (site de Silcox, tableau 3–11) a un pH et une teneur en Ca beaucoup plus élevés que la tourbe de fen des régions pauvres en carbonates (sites 27C, 35A et 28A du tableau 3–11).

Les terres humides dont la surface ne subit pas l'influence des eaux souterraines, ne tirent leurs éléments nutritifs que des précipitations atmosphériques (ombrotrophes) et ont par conséquent un pH et une teneur en éléments nutritifs plus faibles que les fens. Tarnocai (1973) a établi que la conductivité électrique des eaux souterraines des fens variait de 0.20 à 0.55 mS/cm et qu'elle était de 0.05 mS/cm dans l'eau des bogs. La teneur en Ca des eaux des fens variait de 18.6 à 83.8 mg/kg et celle en Mg, de 2.8 à 28.8 mg/kg. La teneur en Ca des eaux des bogs variait de 1.4 à 2.8 mg/kg et celle du Mg, de 0.12 à 0.73 mg/kg. Dans un milieu où la teneur en éléments nutritifs est généralement faible, la conductivité électrique est plus élevée dans les eaux souterraines minérotrophes (de 0.04 à 0.06 mS/cm) que dans les eaux du bog ombrotrophe (de 0.02 à 0.03 mS/cm) (Jasieniuk et Johnson, 1982).

La teneur en éléments nutritifs est beaucoup plus faible dans la tourbe superficielle de *Sphagnum* de la couche active des bogs que dans la tourbe de fen sous-jacente toujours gelée (tableau 3–10). La tenuer en Ca est de dix fois supérieure dans la tourbe de fen et la teneur en Mg augmente de façon semblable mais moins prononcée. Le pH de la tourbe de fen augmente et sa concentration d'ions hydrogène (H) diminue.

Les tourbes pergélisolées sont capables d'absorber sélectivement le Ca par échange d'H (Tarnocai, 1972). Par conséquent, la tourbe de *Sphagnum* pergélisolée contient davantage de Ca et moins d'H que la tourbe non gelée de *Sphagnum* qui la recouvre (tableau 3–11). Ce phénomème a tendance à augmenter la teneur en éléments nutritifs (surtout en Ca) du manteau de *Sphagnum* gelé en permanence qui recouvre la tourbe de fen dans de nombreuses tourbières pergélisolées. Une comparaison de la composition générale des éléments du manteau de *Sphagnum* gelé en

Tableau 3–11. ***Analyses chimiques de la tourbe de couche active, de la couverture de Sphagnum gelée en permanence, et de la tourbe de fen en provenance de bogs pergélisolés***

Forme de bog et numéro de site	pH*			Ca**			Mg			H		
	Tourbe active	Couverture de Sphagnum gelée	Tourbe gelée de fen	Tourbe active	Couverture de Sphagnum gelée	Tourbe gelée de fen	Tourbe active	Couverture de Sphagnum gelée	Tourbe gelée de fen	Tourbe active	Couverture de Sphagnum gelée	Tourbe gelée de fen
Plateau polygonal tourbeux												
Site 27C (Tarnocai 1973)	2.5	3.6	4.7	8.08	30.80	73.73	3.03	3.66	11.86	85.95	71.50	44.50
Site 35A (Tarnocai 1973)	2.7	3.6	4.4	5.05	34.59	56.30	4.04	4.80	10.35	73.35	60.38	43.65
Plateau tourbeux												
Site 28A (Tarnocai 1973)	2.5	3.3	4.4	4.04	32.06	69.94	5.05	8.83	9.85	83.92	71.55	47.25
Site de Silcox (Tarnocai 1972)	3.0	4.0	6.3	8.65	35.60	98.90	8.44	12.40	22.90	103.5	44.7	5.1

**pH en KCl.*
***Éléments nutritifs en mé/100 g de bases extractibles à l'acétate d'ammonium.*

permanence et de la tourbe de fen gelée a permis d'établir que la teneur en Ca et en Mg de 14 des 26 tourbières pergélisolées était aussi élevée ou plus élevée que dans la tourbe de fen sous-jacente. À 11 des 26 sites, la teneur en fer de la tourbe de *Sphagnum* gelée était plus élevée que celle de la tourbe de fen gelée, pour S cela ne s'est produit que dans 3 des 11 sites échantillonnés. Ces résultats montrent que la migration des éléments dans les tourbes gelées en permanence a tendance à égaliser les composants minéraux des tourbes d'origines différentes, peu importe la teneur en éléments nutritifs au moment du dépôt. Le soufre est une exception puisqu'il semble augmenter avec la profondeur.

Dynamique des terres humides

Dans le Subarctique, les terres humides se forment dans les secteurs à dépressions, passant de l'état de fen à celui de bog pour finir par des formes pergélisolées. Une terre humide peut commencer par un étang qui est graduellement comblé de débris organiques lacustres et qui se fait envahir ensuite par des espèces propres aux fens "hydrosérie". Le phénomène de "formation initiale de fondrière" est tout aussi important (Sjörs, 1980); là, une terre humide commence à se développer dans un sol humide où la nappe phréatique est située près de la surface. La "paludification" en marais est un processus d'évolution des terres humides dans des milieux constituant autrefois des bas-plateaux qui se produit dans le Subarctique lorsque la nappe phréatique s'élève dans une tourbière formée par accrétion et en étend les limites au bas des versants adjacents.

Dans le Subarctique, le dépôt de base de la plupart des terres humides est une tourbe mince (de 1 à 15 cm) bien humifiée et qui peut être mélangée à du sol minéral. Ces dépôts se retrouvent actuellement dans certaines prairies humides dominées par *Carex* spp. et *Eriophorum* spp. Cette couche de base est suivie d'une couche de tourbe de fer avec diverses proportions de *Carex* spp., de *Drepanocladus* spp. et de résidus d'espèces de fen associées. Dans certains cas, la couche de tourbe de fen repose sur des dépôts lacustres organiques détritiques, indiquant le comblement d'un étang et l'invasion subséquente par un fen. Les fens peuvent évoluer et atteindre un stade arbustif et arborescent, mais la succession chronologique de la tourbe indique parfois de nombreux retours à l'état de fen ouvert. Un tapis de mousse de *Sphagnum* peut s'implanter dans un fen à faible teneur en éléments nutritifs.

Un examen des macrofossiles de la tourbe et la datation au radiocarbone ont permis d'établir la genèse d'un complexe de bogs de plateau tourbeux du nord du Québec (Couillard et Payette, 1985). Les auteurs ont établi que la dépression a tout d'abord été colonisée par une végétation herbacée minérotrophe, mais que les bogs de plateau tourbeux ont commencé à s'y développer environ 1 000 ans après l'implantation de la terre humide. Dans bon nombre de cas, les bogs de plateau tourbeux, qui présentent invariablement un milieu ombrotrophe dominé par *Sphagnum nemoreum*, *Sphagnum fuscum* et *Sphagnum russowii* ainsi que par *Picea mariana*, ont été précédés par des fens arborés ou à laîches. Les bogs se sont étendus au fil de la progression des conditions ombrotrophes, même si plusieurs incendies les ont ravagés. Les bogs de palse ne sont apparus qu'à une époque relativement récente, depuis environ 700 ans.

La structure interne des tourbières pergélisolées permet de supposer que le pergélisol y est apparu à un stade ultérieur. La plupart de ces formes de terres humides (bogs de plateau tourbeux, de palse, de plateau polygonal tourbeux) présentent au moins un mince manteau de *Sphagnum fuscum* recouvrant la couche de tourbe de fen. Quatre-vingt-seize des 116 tourbières échantillonnées par carottage dans la vallée du Mackenzie avaient un manteau de *Sphagnum* d'une épaisseur moyenne de 33 à 42 cm (tableau 3–12). Seuls huit sites avaient un manteau épais de *Sphagnum* (de plus de 1 m) et 12 sites en étaient dépourvus. La tourbe superficielle était fortement oxydée dans bon nombre des 12 sites et les macrofossiles identifiables à une profondeur de 20 à 30 cm provenaient d'espèces propres aux fens. De telles espèces ont été identifiées également dans les matériaux tourbeux superficiels de deux palses.

Le pergélisol se forme lorsque la perte de chaleur (refroidissement) est supérieure à l'apport de chaleur (réchauffement) et ce, de façon permanente. Il a été démontré qu'une tourbe sèche avait une faible conductivité thermique (d'environ 0.0017 g cal/sec/cm²/°C), qui augmentait énormément lorsqu'elle était saturée (0.0011 g cal/sec/cm²/°C) (Brown, 1966). La conductivité thermique d'une couche sèche de *Sphagnum* est faible (Tikhomirov, 1952). On a observé dans le centre de la Saskatchewan que le gel saisonnier disparaissait beaucoup plus tard (57 jours plus tard) dans les thufurs de *Sphagnum* que dans les fens (Fitzgibbon, 1981).

La présence d'un mince manteau de *Sphagnum fuscum* révèle que les sphaignes jouent un rôle dans l'implantation du pergélisol dans de nombreuses tourbières. Les sphaignes peuvent se présenter sous la forme de petits coussins de *Sphagnum fuscum*, ici et là, dans les fens, ou sous la forme de crêtes légèrement surélevées dans les fens réticulés. En été, le manteau superficiel sec de *Sphagnum* isole le gel saisonnier sous-jacent et, à l'automne, le manteau humide de *Sphagnum* entraîne une perte de chaleur (Railton et Sparling, 1973). Il s'ensuit un gel saisonnier à dégel tardif, qui peut éventuellement entraîner la formation de petites lentilles pergélisolées. Le gel de l'eau contenue dans la tourbe soulève le monticule, favorisant davantage la croissance de *Sphagnum* et l'extension du pergélisol. Des *Picea mariana* de faible hauteur peuvent s'implanter sur le monticule, y réduisant les accumulations de neige et leur action isolante pendant l'hiver (Zoltai et Tarnocai, 1971). Les petits monticules peuvent finir par se fusionner pour former de vastes bogs de plateau tourbeux. On a observé cette

Tableau 3–12. Épaisseur de la couverture de* Sphagnum fuscum *recouvrant la tourbe de fen dans les bogs pergélisolés de la vallée du Mackenzie

Forme de bog	Couverture de *Sphagnum fuscum*				*Sphagnum* épais	*Sphagnum* absent
	Nombre de sites	Épaisseur (cm)			Nombre de sites	Nombre de sites
		Moyenne	Maximum	Minimum		
Plateau tourbeux	63	41.4	80	18	6	8
Palse	11	33.4	68	15	0	2
Plateau polygonal tourbeux	22	42.4	87	12	2	2

séquence d'évolution dans diverses parties du Subarctique (Zoltai et Tarnocai, 1975; Payette *et al.*, 1976).

Le monticule, en présence d'une quantité importante d'humidité, peut se transformer en bog de palse. Comme la plupart des bogs de palse forment des îles ou des presqu'îles dans les fens mouillés, l'humidité est abondante le long de presque toute leur périphérie. L'humidité se déplaçant du côté chaud (fen) au côté froid (palse) (Hoekstra, 1966), la glace s'accumule dans le bog de palse, généralement à l'interface du sol minéral et de la tourbe qui est souvent plus perméable à l'eau. Dans les bogs de plateau tourbeux seulement une petite partie de la superficie se trouve près de la périphérie et l'apport d'eau dans la tourbe gelée se limite à l'extrémité du fen.

Dans les régions à tourbe de fen mince ou à étangs peu profonds, on a noté une autre forme d'évolution du pergélisol. Dans ces milieux l'action intensive du gel en hiver crée des monticules bas ou des bombements de tourbe (Brown, 1970). Dans certains cas, la tourbe exposée peut sécher, surtout si le vent la garde libre de neige, et peut avoir une action isolante suffisante pour empêcher son dégel pendant l'été. Une fois le processus amorcé, des mousses, des lichens et des arbres coloniseront le petit monticule de pergélisol qui peut se transformer en un bog de plateau tourbeux ou de palse.

Dans le Haut-Subarctique et dans les secteurs exposés du Bas-Subarctique, le froid hivernal intense entraîne la formation de fissures dans la tourbe gelée et des fentes de glace s'y forment. Neanmoins, dans les bogs de plateau polygonaux tourbeux, tout comme dans les bogs de plateau tourbeux et de palse, le gel pénètre par la surface, c'est-à-dire que le pergélisol s'implante dans la tourbe qui s'est déposée dans un milieu non pergélisolé. Ce phénomène contraste avec l'évolution des polygones (à centre concave ou convexe) des basses-terres de l'Arctique qui se développent en milieu pergélisolé.

La période de formation du pergélisol dans les tourbières n'est pas assez bien connue pour qu'il soit possible d'établir un rapport avec des événements ou des changements climatiques. Toutefois, dans le nord du Québec, l'expansion des bogs de plateau tourbeux dans un fen a été liée à des périodes de refroidissement il y a 2 700, 1 400, 1 100, 700 et 150 ans avant notre ère (ANE) (Couillard et Payette, 1985). Cette interprétation repose sur neuf datations au radiocarbone de la surface de contact ombrotrophe–minérotrophe et situe dans le temps le moment de l'apparition de conditions ombrotrophes. Il est probable que le pergélisol soit apparu quelque temps après.

Sous le climat continental du Subarctique, l'accumulation de tourbe cesse pratiquement lorsque le pergélisol a soulevé la tourbière, entraînant son assèchement en surface. Les dates obtenues dans ces tourbières montrent que la tourbe quasi-superficielle est très âgée. La tourbe entre 5.5 et 8.5 cm dans un bog de plateau polygonal tourbeux a été datée à 1 145 ± 65 ans ANE (Ovenden, 1982), et celle située à 35 cm dans un autre bog de plateau polygonal tourbeux à 2 710 ± 60 ans ANE (Zoltai et Tarnocai, 1975). L'âge de la tourbe à 30 cm de profondeur, dans le secteur de la rivière Nalta des Territoires du Nord-Ouest, a été daté à 3 000 ± 50 ans ANE (MacDonald, 1983). Ces échantillons n'attribuent qu'une date minimale à la période d'apparition du pergélisol dans ces tourbières.

Faute de données, on ne peut que s'interroger sur la période d'apparition du pergélisol dans les tourbières. Certaines tourbières pergélisolées peuvent avoir plusieurs milliers d'années, comme le permet de supposer l'horizon supérieur humifié; d'autres en sont encore à leur stade de formation. En fait, la tourbe s'est initialement déposée dans les fens non gelés, et plusieurs mètres de tourbe de fen se sont formés avant l'apparition du pergélisol. Il est possible que le pergélisol ne se soit étendu qu'après un refroidissement général du climat, il y a près de 5 000 ans (Ritchie *et al.*, 1983).

La surface des formes de terres humides pergélisolées soulevées est sèche, sauf dans les petites dépressions humides. La végétation turbicole ne pousse pas dans de telles conditions. Ces formes de terres humides ne fonctionnent donc plus comme des terres humides. La tourbe est saturée d'eau sous la couche active, mais l'eau qui s'y trouve est relativement inerte et gelée. On peut donc se demander si ce

sont des terres humides. Toutefois, le pergélisol de ces tourbières peut dégeler et celles-ci s'effondrer dans le fen après de graves perturbations. De façon similaire, de nouveaux bogs de plateau tourbeux et de palse se forment actuellement sous les thufurs de *Sphagnum*. Elles peuvent donc être considérées comme des terres humides en raison de ces changements réels et potentiels et compte tenu du fait qu'elles évoluent à partir d'un milieu saturé.

L'évolution des terres humides du Subarctique est dictée par les régimes hydrologique et climatique de la région qui se manifestent par la dynamique du pergélisol (Sjörs, 1980). Les terres humides évoluent à partir d'un fen (implanté dans les dépôts d'étangs, des prairies humides et des basses-terres transformées en marais) en un fen à couverture ombrotrophe et finalement en bogs de plateau tourbeux et de palse (figure 3–21). Cette séquence d'évolution se déroule à un rythme différent, selon les endroits, en raison du régime hydrologique, de la qualité de l'eau, des antécédents et du climat local. Dans certaines régions, un stade peut durer pendant de longues périodes et dans d'autres, il peut y avoir des régressions causées par des changements écologiques à court terme. De plus, certains des premiers stades de la séquence d'évolution peuvent rester en équilibre avec les facteurs environnementaux, comme la physiographie et l'hydrologie, et ne pas passer au stade suivant. Le stade ultime semble être le développement de bogs de plateau tourbeux, même si le temps écoulé depuis la glaciation et l'implantation des terres humides est relativement court. Compte tenu de cet intervalle limité, le stade ultime apparent de l'évolution des terres humides peut ne pas l'être en vérité.

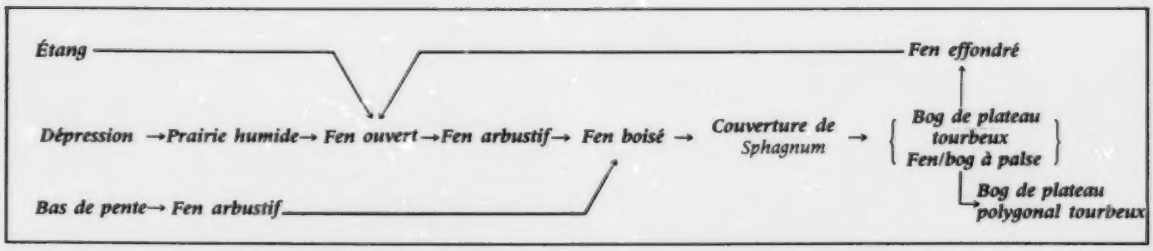


Figure 3–21.
Diagramme des tendances d'évolution des terres humides dans les régions de terres humides subarctiques.

Stabilité des terres humides

Les terres humides sont des écosystèmes dynamiques soumis aux changements à long terme reliés à l'évolution et à des changements à court terme provoqués par des catastrophes comme une sécheresse, un incendie, une inondation, ou des activités anthropiques. Compte tenu de la lenteur des changements découlant du processus d'évolution, les terres humides sont relativement stables et ont tendance à se remettre de ces catastrophes.

Les incendies sont fréquents sur les plateaux tourbeux à peuplements ouverts de *Picea mariana*, à arbustes ligneux dressés et à couvert lichénique sec. Le feu détruit seulement la végétation superficielle sèche, mais non la tourbe en profondeur (Jasieniuk et Johnson, 1982). Bon nombre de rhizomes, de rhizoïdes et de propagules restent vivants et récupèrent rapidement après un incendie. D'autres espèces prennent plus de temps à recoloniser le brûlis, mais la végétation initiale redevient dominante en moins d'une centaine d'années.

Le pergélisol des bogs en plaqué est particulièrement vulnérable aux perturbations causées par l'incendie. Le feu se propage souvent des sols minéraux adjacents mieux drainés pour ravager ces tourbières. L'élimination du couvert végétal et du mince placage de tourbe par le feu modifie souvent le régime thermique du bog en plaqué assez pour entraîner la dégradation totale du pergélisol. Le pergélisol est souvent absent des bogs en plaqué récemment dévastés par le feu et n'y revient que lorsque le couvert de mousse des terrains adjacents mal drainés envahit de nouveau les bogs après en avoir remonté les versants. Les conditions plus humides et plus fraîches qui s'ensuivent permettent la réapparition du pergélisol.

Les tourbières pergélisolées sont sujettes à une dégradation en raison du dégel du pergélisol. Lorsqu'un tel dégel se produit, la surface de la tourbière s'affaisse au niveau du fen environnant et la végétation de ce dernier envahit les cicatrices d'affaissement. Des arbres morts et des plaques de *Sphagnum riparium* d'un vert brillant marquent les lisières du pergélisol. On a déjà observé l'apparition d'un nouveau pergélisol dans des cicatrices d'affaissement (Tarnocai, 1973).

Les bogs de palse qui atteignent un stade de sénescence subissent l'érosion sous l'effet des eaux de pluie et de ruissellement; alors, de gros blocs de tourbe peuvent s'en détacher ("fragmentation") (Railton et Sparling, 1973). Les palses peuvent finir par disparaître complètement (Kershaw et Gill, 1979). La

fissuration des palses peut être causée par leur expansion suite à l'accumulation de glace en leur centre. Certains ont souligné que les palses qui sont isolés des fens humides par l'apparition de plateaux tourbeux n'étaient pas soumis à une fissuration intensive, peut-être parce qu'ils ont cessé de se développer.

On a observé une dégradation thermique de bogs de plateau polygonal tourbeux de la région de la baie d'Hudson (Dredge et Nixon, 1979). À cet endroit, certaines fentes de glace peuvent commencer à dégeler et se transformer en dépressions remplies d'eau. L'eau accumulée peut saturer la tourbe superficielle dans le centre des polygones, entraînant un dégel plus profond en été. Des étangs peu profonds peuvent alors apparaître dans les polygones. Quand la profondeur de l'eau dépasse 25 cm, les étangs deviennent des puits thermiques qui accélèrent le dégel entraînant l'expansion des étangs et la formation de lacs peu profonds.

Dans le Subarctique, la dégradation thermique des tourbières pergélisolées n'est pas un phénomène à grande échelle. Des perturbations comme des incendies déclenchent rarement un dégel étendu, sauf dans les endroits où la tourbe est si mince que le feu peut toute la consumer. La plupart des affaissements sont provoqués par le soulèvement persistant de la nappe phréatique, dû à des travaux de construction linéaires comme la construction de routes ou de pipelines. L'endommagement direct de la surface de tourbe gelée par des travaux de terrassement ou le creusement d'ornières profondes peut également provoquer l'affaissement thermique.

Taux d'accumulation de la tourbe

La tourbe se compose de débris végétaux accumulés au cours des millénaires dans une tourbière. Elle s'accumule en surface, là où les débris végétaux (tant des parties aériennes que souterraines) sont préservés. La décomposition et la désagrégation ont tendance à réduire le volume des matières végétales, et seul le surplus reste pour former la tourbe. L'épaisseur de la tourbe peut être réduite davantage par compaction et augmentée par le gel de l'eau qui se transforme alors en glace. C'est pourquoi, le taux d'accumulation de la tourbe n'est qu'une approximation très grossière de la productivité de la terre humide.

Le taux d'accumulation de la tourbe de surface de plusieurs sites de la vallée du Mackenzie était indiqué par l'épaisseur de la tourbe reposant sur une couche mince mais étendue de cendres volcaniques. Ces dernières, les cendres de White River, ont été déposées il y a environ 1 250 années ANE lors de l'éruption d'un volcan à l'ouest de cette région (Lerbekmo *et al.*, 1975). L'épaisseur des dépôts de tourbe de divers milieux tel que déterminé par Tarnocai (1973) apparaît au tableau 3–13. Quelques autres mesures sont incluses.

Il est évident que c'est dans le milieu de lichens–forêts, présent sur les plateaux tourbeux et les palses, que l'accumulation de la tourbe est la plus faible. On peut attribuer cela aux conditions généralement sèches qui persistent sur ces formes à relief surélevé où il y a plus de décomposition que de dépôt de tourbe. Les lichens ne contiennent pas de fibres et laissent peu de résidus. La forêt arbustive de *Picea*–éricacées produit un peu plus de tourbe mais beaucoup moins tout de même que d'autres milieux de terres humides. Les forêts de mousse gazonnante, les bogs humides de *Sphagnum* et les fens à laîches ont une production tourbeuse moyenne similaire. Les terres humides plates de *Sphagnum* présentaient le taux d'accumulation de tourbe le plus rapide.

Des datations au radiocarbone de sections de tourbe permettent d'obtenir les taux moyens d'accumulation à plus long terme (tableau 3–14). Les taux d'accumulation des quatre sections montrent au moins une période d'accumulation rapide qui s'est produite dans la moitié inférieure de ces sections. Toutes les tourbières montrent un ralentissement marqué du taux d'accumulation de la tourbe dans la partie supérieure de chaque section. Les taux d'accumulation

Tableau 3–13. Accumulation de tourbe dans divers milieux, telle qu'indiquée par l'épaisseur de la tourbe au-dessus des cendres volcaniques de White River dans la vallée du Mackenzie

Matières tourbeuses	*Nombre de sites*	*Plages des profondeur des cendres (cm)*	*Profondeur moyenne (cm)*	*Accumulation (cm/100 ans)*
***Tourbe forestière de** Cladina*	3	2–5	3.6	0.29
Tourbe forestière de hypne cimier	10	23–40	36.6	2.93
Tourbe forestière ligneuse-d'éricacées	1	—	13.0	1.04
***Tourbe de** Sphagnum fuscum*	9	20–61	38.8	3.10
***Tourbe de** Sphagnum riparium*	1	—	104.0	8.32
***Tourbe de fen de** Carex*	8	19–67	33.2	2.66

Source : Tarnocai (1973).

sont semblables aux très faibles taux établis dans les tourbières de lichens–forêts de la vallée du Mackenzie qui subissent actuellement l'influence du pergélisol. Le ralentissement de l'accumulation pourrait bien indiquer la formation de tourbières à surface sèche soulevées par le pergélisol.

Les taux moyens d'accumulation à long terme de la tourbe ont été établis dans les tourbières où nous disposions d'au moins deux datations au radiocarbone (tableau 3–15). Ces taux variaient de 2.15 à 5.08 cm/100 ans. Ces tourbières pergélisolées montrent également un ralentissement marqué des taux d'accumulation de la tourbe près de la surface.

Tableau 3–14. Accumulation de tourbe dans des sections de tourbe datées au radiocarbone des régions de terres humides subarctiques

Profondeur de l'échantillon (cm)	*Âge établi au radiocarbone années (ANE)*	*N° de datation au radiocarbone en laboratoire*	*Taux d'accumulation de la tourbe (cm/100 ans)*
A—Lac Ennadai (61°10′ N, 100°55′ O) (Nichols, 1967)			
4	630±70	WIS–133	0.63*
20	1 510±80	WIS–88	1.82
55	2 670±105	WIS–93	3.02
72	3 140±105	WIS–139	3.62
90	3 650±100	WIS–80	3.53
110	4 800±90	WIS–166	1.74
132	5 570±100	—	2.86
150	5 780±110	WIS–67	8.57
B—Lac Colville (67°06′ N, 125°47′ O) (Nichols, 1974)			
35	1 810±60	WIS–297	1.93*
44	3 160±65	WIS–314	0.67
69	3 980±65	WIS–295	3.05
90	4 130±55	WIS–294	14.00
124	5 730±75	WIS–296	2.12
174	6 630±85	WIS–299	5.56
206	6 790±75	WIS–275	20.00
C—Old Crow (67°49′ N, 139°50′ O) (Ovenden, 1982)			
7	1 145±65	S–1864	0.61*
23	3 025±85	S–1865	0.85
27	3 250±85	S–1866	1.78
39	3 865±80	S–1867	1.95
66	5 285±115	S–1868	1.87
90	5 750±130	S–1869	5.16
122	7 575±170	S–1870	1.75
146	7 975±110	S–1778	6.00
150	8 200±180	S–1906	1.78
176	10 080±340	S–1871	1.44
215	11 435±270	S–1779	2.88
D—Rivière Natla (63°00′ N, 129°05′ O) (MacDonald, 1983)			
10	1 250	Cendres de White River	0.80*
30	3 000±50	GSC–3176	1.14
90	5 460±70	GSC–3171	2.44
150	7 750±90	GSC–3169	2.69
220	8 420±80	GSC–3383	10.45
230	8 640±160	GSC–3097	4.54

**Taux d'accumulation calculé en prenant la date actuelle pour la surface, (0 cm).*

Nous disposons d'un certain nombre de datations au radiocarbone pour des échantillons de tourbe de base (tableau 3–16). Les taux d'accumulation ont été calculés à partir de l'hypothèse voulant qu'ils aient été uniformes jusqu'à maintenant. Toutefois, ces taux étaient probablement légèrement plus bas dans les tourbières pergélisolées en raison de la lenteur de l'accumulation près de la surface, comme on l'a constaté dans d'autres tourbières pergélisolées. Les données du tableau 3–16 le confirment; les taux d'accumulation dans les tourbières non gelées sont supérieurs à ceux des tourbières gelées.

Âge des terres humides

Les phénomènes nous permettant de vérifier définitivement l'âge des terres humides dans le Subarctique sont la période de déglaciation et la disparition des lacs glaciaires. La majeure partie du Subarctique a été englacée pendant la glaciation du Wisconsin, à l'exception du nord-ouest du Yukon, dont certaines parties n'ont jamais été recouvertes par les glaces. Enfin, dans l'ouest, les glaciers ont reculé exposant alors des terres à partir d'environ 13 000 ans ANE et la glace est disparue complètement de ces terres il y a environ 7 000 ans (Prest, 1970). Dans la région non recouverte par les glaciers, de vastes étendues, telles les bassins de Old Crow, de Bell et de Whitefish étaient occupés par des lacs alimentés par les eaux de fonte des glaciers et ne se sont donc pas prêtées à la formation de terres humides avant la disparition des glaciers.

L'âge des échantillons de tourbe de base (tableau 3–16) révèle que la tourbe a commencé à s'accumuler il y a au moins 1 000 à 2 000 ans après le recul des glaciers, mais que son apparition a été beaucoup plus tardive dans certains secteurs. La datation au radiocarbone a permis d'établir l'âge des sédiments lacustres organiques sous-jacents à la tourbe surtout dans le milieu de la démarcation des terres englacées–non englacées du Yukon (tableau 3–17). Les dates montrent que le dépôt de débris organiques dans les petits étangs a commencé presque immédiatement après la disparition de la glace de glacier. Les dates obtenues dans les Territoires du Nord-Ouest montrent l'intervalle habituel de 1 000 à 2 000 ans après le recul des glaciers.

Une étude du littoral actuel de la baie d'Hudson donne certaines indications sur l'évolution et la période de formation des terres humides. De nos jours, ce littoral recule d'environ 6 m par année dans la région de York Factory dans le nord du Manitoba, à la suite d'un soulèvement de la croûte et d'une sédimentation post-glaciaires (Tarnocai, 1982). On peut alors étudier la formation des terres humides lors de l'émersion des terres de la mer et de leur lent soulèvement. Les marais bas littoraux du début ont fait place aux marais élevés qui ont émergé de la mer il y a 500 à 700 ans. Une certaine quantité de tourbe a alors commencé à apparaître à ce stade, environ 600 ans

Tableau 3–15. Datation au radiocarbone des dépôts de tourbe en surface et en profondeur dans les régions de terres humides subarctiques

Emplacement	*Forme de bog*	*Profondeur de l'échantillon (cm)*	*Âge établi au radiocarbone (années ANE)*	*N° de la datation au au radiocarbone en laboratoire*	*Source*	*Taux d'accumulation de la tourbe (cm/100 ans)*
58°13′ N, 71°59′ O, Qué.	Plateau tourbeux	7	1 040±80	QU–977	Couillard et Payette (1985)	0.67*
	Plateau tourbeux	95	3 640±100	QU–790	Couillard et Payette (1985)	3.38
63°00′ N, 129°05′ O, T.N.-O.	Plateau tourbeux	30	3 000±50	GSC–3176	MacDonald (1983)	1.00*
	Plateau tourbeux	230	8 640±160	GSC–3097	MacDonald (1983)	3.55
61°10′ N, 100°55′ O, T.N.-O.	Plateau tourbeux**	4	630±70	WIS–133	Nichols (1967)	0.63*
	Plateau tourbeux**	150	5 780±110	WIS–67	Nichols (1967)	2.83
67°06′ N, 125°47′ O, T.N.-O.	Plateau tourbeux**	34	1 810±60	WIS–297	Nichols (1974)	1.88*
	Plateau tourbeux**	206	6 790±75	WIS–275	Nichols (1974)	3.45
67°41′ N, 132°05′ O, T.N.-O.	Plateau polygonal tourbeux	35	2 710±60	BGS–147	Zoltai et Tarnocai (1975)	1.29*
	Plateau polygonal tourbeux	229	7 200±60	BGS–149	Zoltai et Tarnocai (1975)	4.32
67°49′ N, 139°50′ O, Y.	Plateau polygonal tourbeux	23	3 025±85	S–1865	Ovenden (1982)	0.76*
	Plateau polygonal tourbeux	175	10 080±340	S–1871	Ovenden (1982)	2.15
55°34′ N, 84°38′ O, Ont.	Palse	5	243±55	BGS–5	Railton et Sparling (1973)	2.06*
	Palse	89	1 897±63	BGS–6	Railton et Sparling (1973)	5.08

**Taux d'accumulation calculé en attribuant la date actuelle à la surface*
***Inféré. La référence originale ne donne pas la forme précise.*

après l'émersion. Sont ensuite venus des fens horizontaux parsemés de petits palses, inondés périodiquement par les eaux de crue qui leur conservent leur caractère minérotrophe. Il y a production active de la tourbe pendant cette phase de fen. La terre finit par se soulever suffisamment pour ne plus être touchée par les plus fortes crues et les bogs de plateaux tourbeux et de palses apparaissent, environ 2 000 ans après l'émersion de la terre. Dans les régions non sujettes aux inondations, les conditions ombrotrophes apparaissent beaucoup plus tôt, quelque mille années après l'émersion de la terre.

Cette succession chronologique montre que le dépôt de tourbe débute quelque 600 ans après l'apparition des terres humides, dans des conditions climatiques favorables à son développement. La datation au radiocarbone indique des intervalles plus longs (de plus de 2 000 ans) dans de nombreuses terres humides, ce qui laisse supposer que les conditions ne favorisaient pas la formation de tourbe immédiatement après la glaciation. Ce retard d'apparition de la tourbe peut s'expliquer par des conditions où se conjuguent des facteurs climatiques, de migration végétale et autres facteurs environnementaux.

Valeurs des terres humides du Subarctique

Les terres humides occupent les habitats les plus humides d'un paysage et contribuent à la diversité biotique de toute région. Leur valeur intrinsèque dans un paysage non perturbé a déjà été reconnue par les organismes qui les occupent, et c'est pourquoi la valeur des terres humides pour ces organismes est inestimable. Il est donc préférable d'examiner la valeur des terres humides du point de vue de l'homme.

Les terres humides peuvent être considérées comme un lieu de productivité biologique et une mine de ressources. Bien que certaines utilisations, telle l'observation, peuvent être entièrement écologiques (sans consommation ni perturbation), la plupart des utilisations entraînent le prélèvement de certains produits des terres humides (fourrures, tourbe, etc.). Les divers degrés d'intensité d'exploitation entraînent des variations dans l'ampleur des perturbations causées par l'exploitation par l'homme.

Les terres humides possèdent des valeurs exploitables, y compris la production d'oiseaux aquatiques, d'animaux à fourrure et d'ongulés, et la possibilité de récolte de la tourbe et d'aménagement des terres à des fins agricoles et de gestion des eaux. Toutefois, l'éloignement de la plupart des terres humides subarctiques rend l'exploitation de certaines de ces ressources non rentable à l'heure actuelle. Cela ne diminue pas leur valeur intrinsèque; leur exploitation est une question d'accessibilité et d'économie.

Le Subarctique recèle d'énormes ressources en tourbe. La quantité de tourbe estimée dans les Territoires du Nord-Ouest est de 577 553 millions m^3 (Tarnocai, 1984). Toutefois, un fort pourcentage de cette tourbe, qui se trouve surtout dans la région subarctique, est gelé en permanence et sa mise en valeur par des activités telles que l'exploitation mini-

Tableau 3–16. Datation au radiocarbone des dépôts de tourbe de base des régions de terres humides subarctiques

Emplacement	*Profondeur de l'échantillon (cm)*	*Gelée (G) ou non-gelée (NG)*	*Âge établi au radiocarbone (années ANE)*	*N° de datation radiocarbone en laboratoire*	*Source*	*Taux d'accumulation de la tourbe (cm/100 ans)*
68°22′ N, 132°44′ O, T.N.-O.	366	G	8 200±300	GSC–25	Dyck et Fyles (1963)	4.46
69°12′ N, 132°27′ O, T.N.-O.	213	G	7 400±200	GSC–16	Dyck et Fyles (1963)	2.88
64°52′ N, 138°19′ O, Y.	162	G	9 620±150	GSC–310	Dyck *et al.* (1966)	1.68
68°04′ N, 139°50′ O, Y.	183	G	6 430±140	GSC–372	Dyck *et al.* (1966)	2.85
68°45′ N, 133°16′ O, Y.	213	G	7 120±140	GSC–371	Dyck *et al.* (1966)	2.99
64°36′ N, 138°20′ O, Y.	162	G	6 840±150	GSC–415	Lowdon et Blake (1968)	2.37
64°36′ N, 138°22′ O, Y.	140	G	3 100±130	GSC–416	Lowdon etd Blake (1968)	4.52
64°36′ N, 138°22′ O, Y.	126	G	3 180±130	GSC–469	Lowdon et Blake (1968)	3.96
68°22′ N, 133°44′ O, Y.	330	G	11 500±160	GSC–1514	Lowdon et Blake (1973)	2.87
56°52′ N, 95°47′ O, Man.	170	G	6 490±170	GSC–1738	Lowdon *et al.* (1977)	2.62
65°34′ N, 135°30′ O, Y.	300	G	8 980±90	GSC–2341	Hughes *et al.* (1981)	3.34
65°15′ N, 126°42′ O, T.N.-O.	170	G	3 960±50	—	Korpijaakko *et al.* (1972)	4.29
65°59′ N, 135°03′ O, Y.	372	G	10 470±80	BGS–144	Zoltai et Tarnocai (1975)	3.55
66°10′ N, 134°18′ O, Y.	255	G	5 910±60	BGS–140	Zoltai et Tarnocai (1975)	4.31
67°08′ N, 137°25′ O, Y.	438	G	9 530±170	GSC–1829	Lowdon *et al.* (1977)	4.60
54°34′ N, 84°40′ O, Ont.	290	NG	5 580±150	GSC–247	Dyck *et al.* (1965)	5.20
55°00′ N, 82°20′ O, Ont.	122	NG	1 210±130	GSC–231	Dyck *et al.* (1965)	10.01

Tableau 3–17. Datation au radiocarbone des sédiments lacustres organiques sous-jacents à la tourbe dans les régions de terres humides subarctiques

Emplacements	*Âge établi au radiocarbone (années ANE)*	*N° de la datation au radiocarbone en laboratoire*	*Source*
64°34′ N, 138°15′ O, Y.	7 510±100	GSC–50	Dyck et Fyles (1963)
67°28′ N, 139°54′ O, Y.	10 740±180	GSC–121	Dyck et Fyles (1964)
65°28′ N, 139°42′ O, Y.	12 550±190	GSC–128	Dyck et Fyles (1964)
63°30′ N, 135°24′ O, Y.	10 840±150	GSC–150	Dyck *et al.* (1966)
64°52′ N, 138°19′ O, Y.	13 870±180	GSC–296	Dyck *et al.* (1966)
64°38′ N, 138°24′ O, Y.	13 740±190	GSC–515	Lowdon et Blake (1968)
65°29′ N, 126°34′ O, T.N.-O.	8 880±150	GSC–1099	Lowdon *et al.* (1971)
67°54′ N, 139°26′ O, Y.	6 020±140	GSC–2225	Lowdon *et al.* (1977)
68°19′ N, 133°25′ O, T.N.-O.	7 230±130	Beta–6600	Le présent document

ère reposerait sur la mise au point de techniques d'extraction particulières.

Les terres humides les plus actives sur le plan biologique sont les complexes de marais–lacs peu profonds où abondent les oiseaux aquatiques et les animaux à fourrure. Ces endroits sont très répandus dans le delta du Mackenzie, la plaine de Old Crow et les terres côtières de la baie d'Hudson, caractérisées par des terrains plats, mal drainés, où se trouvent de nombreuses tourbières et plusieurs lacs thermokarstiques peu profonds. Les canards abondent dans la plaine de Old Crow, quoiqu'ils sont rares partout ailleurs dans la région (Schweinsburg, 1974). On y a compté neuf espèces, le canard siffleur d'Amérique (*Anas americana*) et la macreuse à ailes blanches (*Melanitta fucea*) étant les espèces les plus communes. De plus, la plaine de Old Crow et le delta du Mackenzie sont extrêmement importants puisqu'ils servent d'étapes aux oies, aux canards et aux cygnes lors de leurs migrations (Schweinsburg, 1974), tout comme les terres côtières de la baie d'Hudson (Weillein et Lumsden, 1964).

La plaine de Old Crow et le delta du Mackenzie sont également des régions très importantes pour la reproduction du rat musqué (*Ondatra zibethicus*). Dans la plaine de Old Crow les lacs peu profonds et leurs lisières marécageuses offrent d'excellents habitats au rat musqué (Ruttan, 1974a). On en piège un grand nombre, les prises annuelles se chiffrant en moyenne à 14 800 peaux (Stager, 1974). La viande de rat musqué est une source alimentaire importante pour les familles de trappeurs. En 1973, 10 % de la viande récoltée par les membres de la collectivité de Old Crow provenait de rat musqué (Stager, 1973).

Le castor (*Castor canadensis*) est essentiellement un animal aquatique qui tire la majeure partie de sa nourriture des terres environnantes. Il abonde dans les petits lacs et cours d'eau des endroits marécageux

et plats (Wooley, 1974). Il se nourrit surtout de tiges et de branches de diverses espèces de *Salix* qui abondent dans ces régions.

Les populations d'orignaux (*Alces alces*) sont fortement concentrées en été dans la plaine de Old Crow et dans le sud du delta du Mackenzie (Ruttan, 1974b). Les complexes de terres humides, composées de régions marécageuses plates et parsemées d'étangs, constituent des habitats très importants pour l'orignal (Watson *et al.*, 1973), surtout si les arbustes à feuilles caduques y sont présents en grand nombre. Ces régions sont particulièrement importantes pour la survie hivernale de l'orignal.

Le caribou, tant le caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) que le caribou des toundras (*Rangifer tarandus tarandus*), hivernent dans les boisés ouverts de *Picea mariana*–lichens répandus dans le Subarctique (Jakimchuk *et al.*, 1974), y compris les bogs de plateau tourbeux arborés. Certains ont observé que le caribou évitait d'hiverner dans les régions où la composante *Picea mariana*–lichens était négligeable (Watson *et al.*, 1973).

La principale valeur des terres humides semble, à l'heure actuelle, être leur utilisation comme aires de reproduction des oiseaux aquatiques et autres espèces fauniques. Les terres humides les plus importantes à cet égard sont les complexes de lacs peu profonds–marais–fens. Les tourbières (fens et bogs) jouent un rôle moins important pour la faune, à l'exception du caribou. Toutefois, les tourbières offrent un potentiel de mise en valeur des ressources en tourbe à diverses fins commerciales.

À l'heure actuelle, l'éloignement des terres humides subarctiques les protège, dans une certaine mesure, contre les perturbations et une exploitation intensive. Toutefois, les pressions exercées sur les terres humides y sont déjà évidentes. Les nouvelles routes rendent les terres humides plus accessibles et influent sur elles et sur leur utilisation. Les tracés des pipelines peuvent éviter les régions où les terres humides sont fortement concentrées, mais ils influeront sur des terres humides plus petites. Il reste néammoins du temps pour planifier la protection et la préservation des terres humides uniques ou représentatives du Subarctique afin de garantir leur existence.

Remerciements

Nous tenons à remercier les personnes suivantes pour leurs commentaires judicieux lors de la préparation du présent chapitre : G. Adams, R. Hebda, H. Hirvonen, J. Johnson, E. Oswald, J. Pojar et C. Rubec.

Bibliographie

ÅHMAN, R. 1977. Palsar i Nordnorge. Université royale de Lund, Suède. Série du département de géographie. Avhandlingar nº 78, 165 p.

ANDERSSON, G., ET H. HESSELMAN. 1907. Vegetation och flora i Hamra kronopark. (Végétation et flore de la forêt d'état de "Hamra Kronopark"). Meddeleiser Statens Skogsförsöksanst 4:35–102.

BOSTOCK, H.S. 1970. Subdivisions physiographiques du Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication, Commission géologique du Canada. Série de la géologie économique nº 1. 5e édition, Ottawa, Ontario. p. 12–34.

BOTCH, M.S., ET V.V. MASING. 1983. Mire ecosystems in the USSR. *Dans* Ecosystems of the world. Volume 4B. Mires: swamp, bog, fen and moor. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam, Pays-Bas. p. 95–152.

BROWN, G. 1980. Palsas and other permafrost features in the lower Rock Creek valley, west–central Alberta. Arctic and Alpine Research 12:31–40.

BROWN, R.J.E. 1966. Influence of vegetation on permafrost. *Dans* Compte-rendu de la Première Conférence internationale sur le pergélisol. National Academy of Science–National Reseach Council. Publication 1287, Washington, DC. p. 20–25.

BROWN, R.J.E. 1970. Occurrence of permafrost in Canadian peatlands. *Dans* Compte-rendu du 3e Congrès international sur la tourbe. Conseil national de recherches du Canada. p. 174–181.

BRYSON, R.A. 1966. Air masses, streamlines, and the boreal forest. Geographical Bulletin 8:228–269.

COUILLARD, L., ET S. PAYETTE. 1985. Évolution holocène d'une tourbière à pergélisol (Québec nordique). Journal canadien de botanique 63:1104–1121.

DOLGIN, I.M. 1970. Subarctic meteorology. *Dans* Ecology of the subarctic regions. Ecology and Conservation, UNESCO. Rapport nº 1, p. 41–61.

DREDGE, L.A. 1979. Thaw depths and permafrost in polygonal peat terrain, Hudson Bay Lowland, Manitoba. Commission géologique du Canada. Étude 79-1C. Ottawa, Ontario. p. 27–30.

DREDGE, L.A., ET F.M. NIXON. 1979. Thermal sensitivity and the development of tundra ponds and thermokarst lakes in the Manitoba portion of the Hudson Bay Lowland. Commission géologique du Canada. Étude 79-1C. Ottawa, Ontario. p. 23–26.

DYCK, W., ET J.G. FYLES. 1963. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, I and II. Commission géologique du Canada. Étude 63-21. Ottawa, Ontario, 31 p.

DYCK, W., ET J.G. FYLES. 1964. Geological Survey of Canada radiocarbon dates III. Commission géologique du Canada. Étude 64-40. Ottawa, Ontario. 15 p.

DYCK, W., J.G. FYLES, ET W. BLAKE, JR. 1965. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, IV. Commission géologique du Canada. Étude 65-4. Ottawa, Ontario. 23 p.

DYCK, W., J.A. LOWDON, J.G. FYLES, ET W. BLAKE, JR. 1966. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, V. Commission géologique du Canada. Étude 66-48. 32 p.

FITZGIBBON, J.E. 1981. Thawing of seasonally frozen ground in organic terrain in central Saskatchewan. Journal canadien des sciences de la terre 18:1492–1496.

GILL, D. 1971. Vegetation and environment in the Mackenzie River Delta, Northwest Territories—a study in subarctic ecology. Thèse de doctorat, département de géographie. Université de la Colombie-britannique, Vancouver, Colombie-britannique. 694 p.

GILL, D. 1973. Floristics of a plant succession sequence in the Mackenzie Delta, Northwest Territories. Polarforschung 43:55–65.

GLOOSCHENKO, W.A., ET J.A. CAPOBIANCO. 1978. Metal content of *Sphagnum* mosses from two northern Canadian bog ecosystems. Water, Air and Soil Pollution 10:215–220.

HAMELIN, L.E., ET A. CAILLEUX. 1969. Les palses dans le bassin de la Grande Rivière de la Baleine. Revue de géographie de Montréal 23:329–337.

HEGINBOTTOM, J.A., ET C. TARNOCAI. 1983. Mackenzie Delta and Inuvik. *Dans* Le nord du Yukon et delta du Mackenzie, Canada. H.M. French et J.A. Heginbottom, directeurs de publication. Guidebook to Permafrost and Related Features. Conférence internationale sur le pergélisol, carnet nº 3. p. 113–146.

HOEKSTRA, P. 1966. Moisture movements in soils under temperature gradients with the cold-side temperature below freezing. Water Resources Research 2:241–250.

HUGHES, O.L., C.R. HARINGTON, J.A. JANSSENS, J.V. MATTHEWS, JR., R.E. MORLAN, N.R. RUTTER, ET C.E. SCHWEGER. 1981. Upper Pleistocene stratigraphy, paleoecology, and archaeology of the northern Yukon interior, Eastern Beringia. I. Bonnet Plume Basin. Arctic 34:329–365.

JAKIMCHUK, R.D., E.A. DEBOCK, H.J. RUSSELL, ET G.P. SEMENCHUK. 1974. A study of the Porcupine Caribou Herd, 1971. Canadian Arctic Gas Study Ltd. Biological Report Series. Volume 4, Chapitre 1. 111 p.

JASIENIUK, M.A., ET E.A. JOHNSON. 1982. Peatland vegetation organization and dynamics in the western subarctic, Northwest Territories, Canada. Journal canadien de botanique 60:2581–2593.

KERSHAW, G.P., ET D. GILL. 1979. Growth and decay of palsas and peat plateaus in the Macmillan Pass–Tsichu River area, Northwest Territories, Canada. Journal canadien des sciences de la terre 16:1362–1374.

KOHNKE, H. 1968. Soil Physics, McGraw-Hill Book Company. New York, New York. 224 p.

KORPIJAAKKO, M., M.L. KORPIJAAKKO, ET N.W. RADFORTH. 1972. Ice-biotic relationship in frozen peat. *Dans* Compte rendu, de la 14 ème Conférence sur les ressources du muskeg, 1971. Conseil national de recherches, Comité associé sur les ressources géotechniques. Mémoire technique nº 102. Ottawa, Ontario. p. 111–120.

LACHENBRUCH, A.H. 1962. Mechanics of thermal contraction cracks and ice-wedge polygons in permafrost. Geological Society of America. Special Paper nº 70. 69 p.

LEFFINGWELL, E. DE K. 1915. Ground-ice wedges: the dominant form of ground-ice on the north coast of Alaska. Journal of Geology 23:63–654.

LERBEKMO, J.F., J.A. WESTGATE, D.G.W. SMITH, ET G.H. DENTON. 1975. New data on the character and history of the White River Volcanic eruption, Alaska. *Dans* Quaternary Studies. R.P. Suggate et M.M. Cresswell, directeurs de publication. Royal Society of New Zealand. Wellington, Nouvelle-Zélande, p. 203-209.

LOWDON, J.A., ET W. BLAKE, JR. 1968. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, VII. Commission géologique du Canada. Étude 68-2, partie B. Ottawa, Ontario. p. 207–245.

LOWDON, J.A., ET W. BLAKE, JR. 1973. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, XIII. Commission géologique du Canada. Étude 73-7. Ottawa, Ontario. 61 p.

LOWDON, J.A., I.M. ROBERTSON, ET W. BLAKE, JR. 1971. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, XI. Commission géologique du Canada. Étude 71-1. Ottawa, Ontario. p. 255–324.

LOWDON, J.A., I.M. ROBERTSON, ET W. BLAKE JR. 1977. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, XVII. Commission géologique du Canada. Étude 77-7. Ottawa, Ontario. 25 p.

MACDONALD, G.M. 1983. Holocene vegetation history of the upper Natla River area, Northwest Territories, Canada. Arctic and Alpine Research 15:169–180.

MACKAY, J.R. 1974. Ice-wedge cracks, Garry Island, Northwest Territories. Journal canadien des sciences de la terre 11:1366–1383.

MILLS, G.F., D.B. FORRESTER, ET H. VELDHUIS. 1978. A guide to biophysical land classification, Knee Lake, 53M. Ministère des Ressources renouvelables et des Transports du Manitoba. Rapport technique nº 78-2. Winnipeg, Manitoba.

MILLS, G.F., H. VELDHUIS, ET R.G. EILERS. 1985. Preliminary results of soil climate and hydrology studies in the discontinuous permafrost zone near

Thompson, Manitoba. *Dans* 28ème Assemblée annuelle de la Société canadienne des sciences du sol. Les 9 et 10 janvier 1985, p. 179–200.

MOORE, P.D. 1982. Pool and ridge patterns in peat mires. Nature 300:110.

NICHOLS, H. 1967. The post-glacial history of vegetation and climate at Ennadai Lake, Keewatin, and Lynn Lake, Manitoba, Canada. Eiszeitalter und Gegenwart 18: 176–197.

NICHOLS, H. 1974. Arctic North American Palaeoecology: the recent history of vegetation and climate deduced from pollen analysis. *Dans* Arctic and alpine environments. J.D. Ives et R.G. Barry, directeurs de publication. Methuen and Company Ltd. Londres, Royaume-Uni. p. 637–667.

NORIN, B.N. 1961. Chto takoe lesotundra? Botanicheskij Zhurnal 46(1).

OVENDEN, L. 1982. Vegetation history of a polygonal peatland, northern Yukon (Canada). Boreas 11:209–224.

PAYETTE, S., H. SAMSON, ET D. LAGAREC. 1976. The evolution of permafrost in the taïga and in the forest-tundra, western Quebec–Labrador Peninsula. Journal canadien de la recherche des forêts 6:203–220.

POUNDER, E.R. 1965. The physics of ice. Pergamon Press. Oxford, Royaume-Uni.

PREST, V.K. 1970. La géologie du Quaternaire au Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Série de géologie économique nº 1, 5ème édition. Ottawa, Ontario. p. 675–764.

RAILTON, J.B., ET J.H. SPARLING. 1973. Preliminary studies on the ecology of palsa mounds in northern Ontario. Journal canadien de botanique 51:1037–1044.

RITCHIE, J.C. 1959. The vegetation of northern Manitoba. III. Studies in the Subarctic. Arctic Institute of North America. Rapport technique nº 3. 56 p.

RITCHIE, J.C., L.C. CWYNAR, ET R.W. SPEAR. 1983. Evidence from north-west Canada for an early Holocene Milankovitch thermal maximum. Nature 305:126–128.

ROWE, J.S. 1972. Les régions forestières du Canada. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Publication nº 1300. Ottawa, Ontario. 172 p.

RUTTAN, R.A. 1974a. Muskrat studies on Old Crow Flats, Yukon Territory, 1972. Chapter IV. *Dans* Studies of furbearers associated with proposed pipeline routes in the Yukon and Northwest Territories. R.A. Ruttan et D.R. Wooley, directeurs de publication. Canadian Arctic Gas Study Ltd. Biological Report Series. Volume 9. 104 p.

RUTTAN, R.A. 1974b. Observations of moose in the northern Yukon Territory and Mackenzie River valley, 1972. Chapter VI. *Dans* Studies of furbearers associated with proposed pipeline routes in Yukon and Northwest Territories. R.A. Ruttan et D.R. Wooley, directeurs de publication. Canadian Arctic Gas Study Ltd. Biological Report Series. Volume 9. 45 p.

SCHENK, E. 1963. Origin of string bogs. *Dans* Compte rendu de la Première Conférence internationale sur le pergélisol. National Academy of Science–National Reseach Council. Publication nº 1287. Washington, DC. p. 155–159.

SCHWEINSBURG, R.E. 1974. An ornithological study of proposed gas pipeline routes in Alaska, Yukon Territory, and the Northwest Territories, 1971. Canadian Arctic Gas Study Ltd. Biological Report Series. Volume 10. 215 p.

SEPPÄLÄ, M. 1980. Stratigraphy of a silt-cored palsa, Atlin region, British Columbia, Canada. Arctic 33:357–365.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. 1982. Normales climatiques canadiennes, 1951–1980. Volume 2 : Températures; Volume 3 : Précipitations; Volume 4 : Degré-jours. Environnement Canada. Downsview, Ontario.

SIMS, R.A., D.W. COWELL, ET G.M. WICKWARE. 1982. Classification of fens near southern James Bay, Ontario, using vegetational physiognomy. Journal canadien de botanique 60:2608–2623.

SJÖRS, H. 1950. On the relation between vegetation and electrolytes in north Swedish mire waters. Oikos 2:241–258.

SJÖRS, H. 1980. An arrangement of changes along gradients, with examples from successions in boreal peatland. Vegetatio 43:1–4.

SNOW, N.B., ET D.M. ROSENBERG. 1975a. Experimental oil spills on Mackenzie Delta Lakes. I. Effect of Norman Wells crude oil on Lake 4. Service des pêches et de la mer, Environnement Canada. Rapport technique nº 548. 44 p.

SNOW, N.B., ET D.M. ROSENBERG. 1975b. Experimental oil spills on Mackenzie Delta lakes. II. Effect of two types of crude oil on Lakes 4C and 8. Service des pêches et de la mer, Environnement Canada. Rapport technique nº 549. 19 p.

STAGER, J.K. 1974. Old Crow, YT, and the proposed northern gas pipeline. Programme social–écologique, Pipelines du Nord. Groupe de travail sur la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 74–21. 233 p.

TARNOCAI, C. 1972. Some characteristics of cryic organic soils in northern Manitoba. Journal canadien des sciences du sol 52:485–496.

TARNOCAI, C. 1973. Soils of the Mackenzie River area. Programme social–écologique, Pipelines du Nord. Groupe de travail sur la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 73-26. 136 p.

TARNOCAI, C. 1982. Soil and terrain development on the York Factory Peninsula, Hudson Bay lowland. Le Naturaliste canadien 109:511–522.

TARNOCAI, C. 1984. Peat resources of Canada. Conseil national de recherches du Canada. Publication nº 24140. Ottawa, Ontario. 17 p.

TIKHOMIROV, B.A. 1952. The importance of moss cover in the vegetation of the far north. Botanicheskiy Zhur. Sept. 629–638.

VELDHUIS, H.. 1980. Soil and vegetation sequences in the Mackenzie Delta, NWT. *Dans* 24ème Assemblé annuelle de la Société canadienne des sciences du sol. Winnipeg, Manitoba. p. 12-21.

WATSON, G.H., W.H. PRESCOTT, E.A. DE BOCK, J.W. NOLAN, M.C. DENNINGTON, H.J. POSTON, ET I.G. STIRLING. 1973. An inventory of wildlife habitat of the Mackenzie Valley and the northern Yukon. Programme social–écologique, Pipelines du Nord. Groupe de travail sur la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport 73-27. Ottawa, Ontario. 152 p.

WELLEIN, E.G., ET H.G. LUMSDEN. 1964. Northern forests and tundra. *Dans* Waterfowl tomorrow. J.P. Linduska, directeur de publication. Bureau of Sport Fishing and Wildlife, Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior. p. 67–76.

WOOLEY, D.R. 1974. Beaver (*Castor canadensis*) studies in the Mackenzie Valley, 1972. Chapter II. *Dans* Studies of furbearers associated with proposed pipeline routes in the Yukon and Northwest Territories. R.A. Ruttan et D.R. Wooley, directeurs de publication. Canadian Arctic Gas Ltd. Biological Report Series. Volume 9. 52 p.

ZOLTAI, S.C., ET W.W. PETTAPIECE. 1973. Terrain, vegetation, and permafrost relationships in the northern part of the Mackenzie Valley and northern Yukon. Programme social–écologique, Pipelines du Nord. Groupe de travail sur la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 73-4, 105 p.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1971. Properties of a wooded palsa in northern Manitoba. Arctic and Alpine Research 3:115–129.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1975. Perennially frozen peatlands in the western Arctic and Subarctic of Canada. Journal canadien des sciences de la terre 12:28–43.

4 Terres humides boréales du Canada

S.C. Zoltai
S. Taylor
J.K. Jeglum
G.F. Mills
J.D. Johnson

Terres humides boréales du Canada

Les régions de terres humides boréales, qui s'étendent à travers le Canada aux latitudes moyennes sur une superficie d'environ 3 034 000 km², sont largement recouvertes de forêts de conifères. À l'exclusion de la région de terres humides boréales de l'Atlantique (BA) et des montagnes, elles représentent environ un tiers du territoire canadien. Les terres humides couvrent approximativement 20 % des terres à l'intérieur de ces régions et, lorsque les conditions physiographiques favorisent leur développement, elles dominent le paysage.

Le présent chapitre traite des formes caractéristiques et communes des terres humides boréales, à l'exception des marais salés qui font le sujet du chapitre 9, et des terres humides de la région boréale de l'Atlantique, discutée au chapitre 7.

Cadre naturel

Physiographie

La physiographie d'une région dont la superficie est aussi étendue que celle des terres humides boréales est représentative du pays tout entier. Elle comprend d'importantes portions de vieilles roches massives cristallines du précambrien, appartenant au Bouclier canadien, ainsi qu'un croissant adjacent de roches plus jeunes, surtout sédimentaires, dans les terres périphériques (Bostock, 1970). Le relief caractéristique du Bouclier est celui d'une pénéplaine au terrain généralement uniforme présentant des collines arrondies de moins de 100 m et couvertes d'une mince couche discontinue de moraine glaciaire. Le paysage est parsemé d'innombrables lacs. En dépit de l'uniforminé générale du terrain, on peut subdiviser cette région selon la structure géologique et les traces d'activité tectonique. Les terres humides boréales coincident avec des sections des régions physiographiques de Kazan, Hudson, James et des Laurentides définies par Bostock (1970) qu'on peut caractériser encore plus précisément par la présence de plaines ou basses terres, collines, plateaux ou bas plateaux. Toutes, à l'exception de la région physiographique d'Hudson, possèdent les caractéristiques typiques de la pénéplaine du Bouclier. La région d'Hudson est une plaine monotone où l'assise rocheuse est constituée de matériel sédimentaire paléozoïque et protérozoïque, non métamorphosé, recouvert actuellement de moraine glaciaire et de sédiments marins sur lesquels s'étendent de vastes tourbières.

Les zones périphériques présentent une physiographie beaucoup plus variée. Il existe des étendues de terres humides boréales à l'intérieur des régions physiographiques de la Cordillère, des plaines intérieures et des basses terres du Saint-Laurent. La région de la Cordillère se compose de trois systèmes montagneux parallèles—l'oriental, l'intérieur et l'occidental (Bostock, 1970). Le système oriental est constitué presque uniquement de strates sédimentaires plissées. Par contre, la chaîne occidentale est formée surtout de roches plutoniques cristallines; la chaîne intérieure, de strates sédimentaires et volcaniques plissées. Ces trois grands systèmes se subdivisent en montagnes, plateaux et bassins.

Les plaines intérieures recouvrent des strates planes de la fin du protérozoïque au tertiaire et peuvent être classées selon la géologie et l'élévation des plateaux. Le plateau de l'Alberta, qui s'élève jusqu'à 750 m au-dessus du niveau de la mer, présente un relief onduleux qui couvre une assise rocheuse sédimentaire du crétacé. La haute plaine de l'Alberta, un prolongement de ce plateau, lui ressemble, mais repose sur des sédiments mésozoïques et domine d'environ 200 m la plaine de la Saskatchewan dont elle est séparée par le coteau Missouri. La plaine de la Saskatchewan possède un relief onduleux recouvrant des sédiments mésozoïques: L'escarpement du Manitoba la sépare de la plaine du Manitoba, située de 200 à 300 m en contrebas. Cette plaine au relief plat repose sur une assise rocheuse en couche plane du paléozoïque et des sédiments lacustres du pléistocène.

Une partie de basses terres du Saint-Laurent se trouve dans les régions de terres humides boréales. Le secteur occidental recouvre une assise rocheuse du paléozoïque. Le relief de surface varie selon le type de l'assise rocheuse sous-jacente; l'escarpement du Niagara sépare le secteur oriental généralement bas et onduleux du secteur occidental parsemé de collines.

Dans une large mesure, la physiographie détermine les caractéristiques de drainage des diverses régions de terres humides boréales. Dans l'assise rocheuse cristalline et massive du Bouclier, les cours d'eau sont mal définis et peuvent se présenter sous la forme d'une série de lacs. La plupart des dépressions sont occupées par des lacs dont un grand nombre ont été comblés par les terres humides. Dans les régions montagneuses, des rivières coulent à l'intérieur des vallées, drainant les bas plateaux environnants, et les terres humides se limitent alors à la vallée. Dans les plaines intérieures onduleuses, les principales rivières sont bien encaissées dans une assise rocheuse tendre ou des dépôts glaciaires et possèdent un réseau d'affluents bien développé. Le terrain généralement plat favorise cependant la formation de grands bassins mal drainés qui sont actuellement occupés par les terres humides.

Les matériaux primitifs du sol qui forment la couche superficielle varient selon la géologie de l'assise rocheuse et l'origine des matériaux superficiels. Dans les régions du Bouclier, ces matériaux proviennent d'un socle granitique; ils sont très pauvres en éléments nutritifs et présentent une texture grossière. Les matériaux qui proviennent de roches volcaniques ont tendance à être plus riches en éléments nutritifs : quoique très pauvres (0.44 mé/100 g de Ca et 0.20 mé/100 g de Mg), les dépôts glaciaires de Limerick, qui tirent leur origine de roches volcaniques, contiennent 2.6 fois plus de calcium (Ca) disponible et cinq fois plus de magnésium (Mg) disponible que les dépôts glaciaires granitiques de Sherbourne (Pierpoint, 1962). On peut trouver des dépôts d'argile et de limon glacio-lacustres ou marins, provenant de sources éloignées, en de nombreux endroits du Bouclier. Ces sédiments sont très riches en éléments nutritifs, avec une teneur en carbonate de calcium ($CaCO_3$) allant jusqu'à 26 % (Zoltai, 1965). Dans certains secteurs du Bouclier au sud-ouest des basses terres de la baie d'Hudson, la moraine glaciaire affiche des teneurs en $CaCO_3$ atteignant jusqu'à 40 %.

Les matériaux superficiels des plaines intérieures ont une texture fine et des teneurs élevées en éléments nutritifs, mais il existe des variations régionales selon les différents types d'assise rocheuse. Dans les basses terres du Manitoba, les matériaux provenant de l'assise rocheuse du paléozoïque peuvent avoir une très haute teneur en $CaCO_3$ (60 %, Smith *et al.*, 1975). Dans la moraine dérivée du socle rocheux

mésozoïque la teneur en $CaCO_3$ est moindre (9 %, Rostad et Ellis, 1972), et dans la moraine provenant de schistes elle l'est encore davantage (2 %, Kjearsgaard, 1972).

Climat

Les régions de terres humides boréales sont caractérisées par des hivers froids et des étés courts et chauds. Ce type climatique se manifeste dans une vaste bande limitée au nord par la position moyenne estivale de la zone frontale arctique, et au sud par la position hivernale de cette même zone (Bryson, 1966). Les régions de terres humides sont donc dominées par des masses d'air polaire et arctique au cours de l'hiver, et par les masses d'air tropicales et du Pacifique en été. À l'intérieur de ces régions, on observe un gradient thermique nord-sud, c'est-à-dire que les températures sont froides au nord et chaudes au sud. Une autre différence apparaît dans la distribution des précipitations : peu abondantes dans l'ouest, elles augmentent vers l'est. Le secteur situé à peu près à l'ouest du lac Winnipeg possède un climat sec qui passe un peu plus à l'est d'un climat subhumide à un climat très humide selon le rapport entre le manque et le surplus d'eau (Sanderson, 1948).

La formation et l'évolution de divers types de terres humides reflètent la zonation climatique à l'intérieur des régions de terres humides boréales. Bien que les régions de terres humides boréales et leurs sous-régions soient définies par la formation de terres humides caractéristiques, les données climatiques indiquent que de nombreuses différences entre les terres humides sont liées au climat.

La température annuelle moyenne à l'intérieur des diverses régions de terres humides varie d'environ −4 à 3°C (tableau 4–1). Si, en été, la température est remarquablement uniforme, en hiver, elle est beaucoup plus variable. Au nord, dans la région du Haut-Boréal, les températures annuelles moyennes sont régulièrement en dessous de 0°C et les hivers sont très froids. Il est possible d'évaluer l'apport énergétique utilisable par la végétation à partir du nombre de degrés-jours au-dessus de 5°C. Dans les parties occidentales de la région, on en compte environ 1 100, mais ce nombre est considérablement inférieur dans l'est, dans la sous-région humide (tableau 4–1). Dans la région du Boréal moyen les températures annuelles moyennes sont légèrement au-dessus de 0°C, mais les hivers sont quand même froids. Le nombre de degrés-jours au-dessus de 5°C varie entre 1 250 et 1 300, mais s'élève jusqu'à 1 470 le long de la limite méridionale dans la sous-région de transition de la région du Boréal moyen. Au sud, dans la région du Bas-Boréal, toutes les températures moyennes sont plus élevées et le nombre de degrés-jours au-dessus de 5°C dépasse 1 600.

Certaines sous-régions de terres humides reflètent les différences d'humidité atmosphérique. La sous-région continentale de la région du Haut-Boréal ne reçoit qu'environ la moitié de la pluie et de la neige que reçoit la sous-région humide (tableau 4–1). La même situation prévaut dans les sous-régions continentale et humide de la région du Boréal moyen. La région du Bas-Boréal reçoit une quantité de précipitation équivalente à celle des régions plus humides.

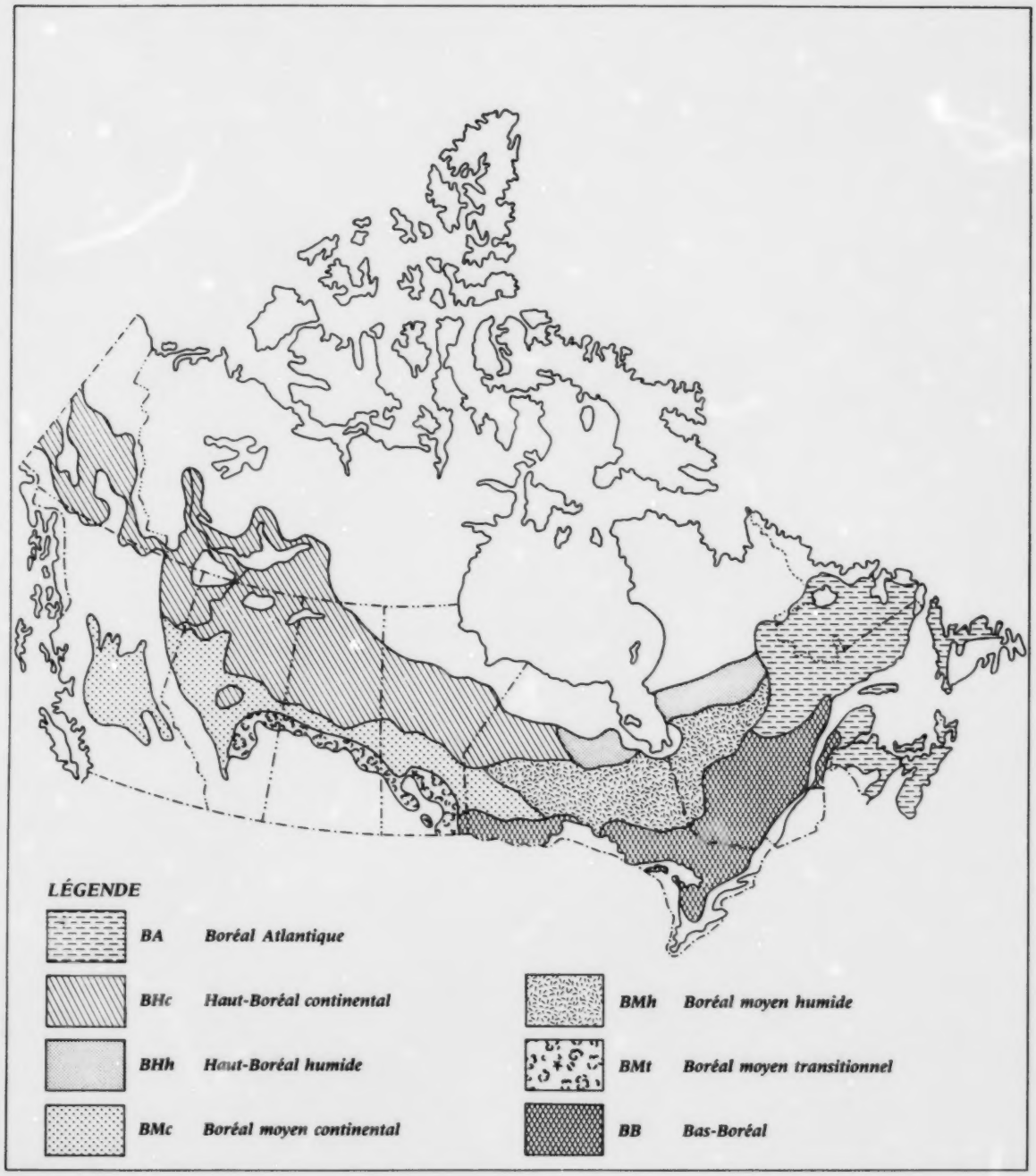
Régions de terres humides boréales et leur végétation

Il existe quatre régions de terres humides boréales au Canada (Figure 4–1 : le Haut- Boréal, le Boréal moyen, le Bas-Boréal et le Boréal atlantique. Comme on l'a déjà indiqué, la région boréale atlantique et ses diverses sous-régions sont traitées séparément au chapitre 7. Les régions du Haut-Boréal et du Boréal moyen se subdivisent en sous-régions continentale, humide et de transition. Aucune sous-région n'a en-

Tableau 4–1. Données climatiques pour les sous-régions de terres humides boréales (valeurs moyennes)

Région ou sous-région de terres humides	*Nombre de stations*	*Température annuelle moyenne (°C)*	*Température quotidienne moyenne de juillet (°C)*	*Température quotidienne moyenne de janvier (°C)*	*Nombre moyen de degrés-jours au-dessus de 5°C*	*Précipitations totales annuelles moyennes (mm)*	*Chutes de neige annuelles moyennes (cm)*
BHc	36	−2.7	15.9	−25.1	1 096.0	404.6	162.3
BHh	2	−3.8	13.0	−23.2	706.8	705.8	259.4
BMc	45	1.7	16.1	−17.4	1 274.0	496.0	167.5
BMh	21	0.8	16.4	−18.6	1 261.3	823.8	273.8
BMt	19	1.2	17.5	−19.6	1 470.0	460.2	121.3
BB	53	3.0	18.1	−14.5	1 604.3	836.4	235.0

Source : Service de l'environnement atmosphérique (1982).



Source : Groupe de travail national sur les terres humides (1986), avec modifications.

Figure 4–1.
Les régions et sous-régions de terres humides boréales du Canada.

core été déterminée dans la région du Bas-Boréal. La délimitation des diverses régions présentées à la figure 4–1 s'appuie sur les définitions établies par le Groupe de travail national sur les terres humides (1986).

La végétation des terres humides boréales est caractérisée par des forêts denses, composées surtout de conifères. Cette caractéristique s'applique aux secteurs forestiers de boréals et Grands lacs–Saint-Laurent définies par Rowe (1972). Les différences climatiques de température et de précipitations se reflètent dans la végétation des bas plateaux et dans la formation des terres humides.

Une caractéristique universelle de la forêt boréale est la fréquence des incendies de forêts. Sur les terres dévastées croît par la suite une végétation colonisatrice d'âge uniforme. Très peu de secteurs forestiers échappent aux incendies au cours de la vie de la forêt. En conséquence, les peuplements de plus de 200 ans sont rares. En revanche, les terres humides boréales échappent souvent aux ravages des incendies parce qu'elles sont en général trop humides pour entretenir le feu. Les vieilles forêts inéquiennes, rabougries par l'humidité excessive, sont communes dans certains types de terres humides. Cependant, les paysages carbonisés, témoins de feux passés, sont courants dans certaines terres humides plus sèches.

La région de terres humides du Haut-Boréal (BH)

La végétation des bas plateaux moins humides de cette région est caractérisée par des peuplements d'épinettes noires et blanches (*Picea glauca* et *Picea mariana*) purs ou mélangés, composés également de sapins baumiers (*Abies balsamea*), de peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides*) et de peupliers baumiers (*Populus balsamifera*). Dans les sols sablonneux ou après un incendie, des pins gris (*Pinus banksiana*) ou, dans l'ouest, des pins tordus (*Pinus contorta*) croissent en peuplements équiens, en compagnie quelquefois de bouleaux à papier (*Betula papyrifera*).

Les terres humides les plus répandues sont les fens et les bogs. Les marécages se limitent d'habitude aux endroits bordant les cours d'eau ou à la périphérie des bogs. Les marais sont relativement rares, se formant surtout dans les deltas intérieurs ou le long des rives de lacs. Parmi les formes communes de terres humides caractéristiques de la région, on compte les fens côtelés du Nord, coiffés d'étroites crêtes de tourbe qui s'allongent perpendiculairement à l'écoulement de l'eau, les fens horizontaux sans caractéristiques précises, qui occupent des dépressions mal définies, et les fens de bassin. Les bogs de plateau tourbeux et les bogs à palse densément boisés forment dans les fens des îlots qui sont accompagnés de fens effondrés. On peut observer des bogs plats dans la sous-région continentale de la région de terres humides du Haut-Boréal. Les bogs de bassin sont communs dans les régions de relief modéré.

La région des terres humides du Boréal moyen (BM)

La végétation des bas plateaux plus secs de cette région de terres humides est caractérisée par des forêts mixtes d'épinette blanche, de sapin baumier (ou de sapin de l'Ouest (*Abies lasiocarpa*) dans l'ouest) et de tremble; l'épinette noire se limite aux terres mal drainées. Le pin gris et dans l'ouest, le pin tordu, s'implantent après des incendies de forêt et dans les sols sablonneux. Dans la sous-région humide du Boréal moyen, l'épinette noire envahit souvent les pentes douces plus basses entraînant la formation d'une mince couche de tourbe.

Les terres humides les plus répandues sont les bogs et les fens. Les marécages à conifères peuvent être communs localement sur des terrains en pente douce recouverts d'une mince couche de tourbe. Les marais se limitent généralement aux milieux lacustres ou fluviaux. Les bogs bombés sont fréquents dans la sous-région humide du Boréal moyen où il y a assez de précipitations pour les alimenter. Dans la sous-région continentale du Boréal moyen, la forme équivalente de terres humides est le bog de plateau tourbeux, caractérisé par une surface plane de bog légèrement plus élevée que les bogs associés. Les bogs plats et de bassin sont également communs. Les fens les plus répandus sont les fens côtelés du Nord, les fens horizontaux et les fens de bassin. On peut observer des fens sourceux dans les aires d'évacuation d'eaux souterraines. Des marais de rivage et de delta se forment aux endroits appropriés à travers cette région de terres humides.

La région de terres humides du Bas-Boréal (BB)

La végétation des bas plateaux plus secs de la région de terres humides du Bas-Boréal est caractérisée par des feuillus résistants comme l'érable à sucre (*Acer saccharum*) et le merisier (*Betula alleghaniensis*), qui sont souvent mêlés à la pruche du Canada (*Tsuga canadensis*) et au pin blanc (*Pinus strobus*). À l'ouest des Grands lacs, ces essences ont une importance secondaire. Sur les terrains secs ou après un incendie de forêt, le pin gris, le pin rouge (*Pinus resinosa*), ou le chêne rouge (*Quercus rubra*) sont communs.

Les formes de bogs les plus fréquentes sont les bogs bombés et de bassin. On trouve des fens de bassin et de rivage, mais les fens structurés sont rares. Les marécages peuvent être du type à conifères (épinette blanche (*Picea mariana*) ou thuya occidental [*Thuja occidentalis*]) ou à feuillus (frêne noir (*Fraxinus nigra*)).

Formes de terres humides boréales

Cette section décrit certaines formes de terres humides des régions boréales. On peut observer quelques-unes de ces formes dans d'autres régions également, mais elles présentent certaines différences. Les formes de terres humides boréales décrites ne sont pas compréhensives; il existe certainement des variations, surtout dans la végétation. En conséquence, la présentation qui suit n'est pas une description exhaustive de toutes les terres humides des régions boréales du Canada. Il s'agit plutôt d'un exposé général et d'un examen spécifique de formes

choisies qui sont répandues dans des sous-régions particulières de terres humides boréales ou qui en sont caractéristiques. Ce chapitre ne traite pas des autres formes moins communes qui existent dans ces régions.

Les formes de terres humides décrites dans ce chapitre sont accompagnées d'exemples précis provenant d'études sur le terrain dans les régions de terres humides boréales. Elles sont les suivantes :

(1) bogs bombés;
(2) bogs de plateau du Nord;
(3) bogs plats;
(4) bogs de bassin;
(5) bogs de plateau tourbeux et bogs à palse avec des fens effondrés;
(6) fens horizontaux;
(7) fens de bassin;
(8) fens sourceux;
(9) fens côtelés du Nord;
(10) fens pennés;
(11) marais de delta;
(12) marais de rivage; et
(13) marécages de plaine d'inondation

Les bogs bombés

Les bogs bombés sont caractérisés par des accumulations épaisses de tourbe formant un dôme dans lesquelles les eaux souterraines sont plus élevées que dans les terrains environnants. Les hydro-isohypses et les contours de surface sont concentriques. Comme le centre du bog bombé domine la périphérie, il peut se produire un drainage en surface qui rayonne à partir du centre. Dans certains cas, de longues pentes se forment dans une direction, produisant un bog bombé excentrique. Il existe plusieurs formes de bog bombé (Glaser et Janssens, 1986). Certains bogs ont une crête relativement bien drainée, tandis que d'autres sont parsemés de mares peu profondes. Ces mares peuvent être distribuées au hasard dans la partie centrale du bog ou peuvent avoir la forme d'un croissant dont l'axe en longueur est sur le contour. Certains de ces bogs bombés ne se trouvent que dans les climats maritimes de la région de terres humides du Boréal atlantique et ne seront pas traités dans le présent chapitre. Il existe deux formes de bogs bombés dans la sous-région humide du Boréal moyen ainsi que dans le Bas-Boréal : l'une présente une crête distincte et boisée; l'autre, une crête linéaire qui se transforme progressivement en crête convexe (Glaser et Janssens, 1986). La surface du bog bombé à crête linéaire est relativement bien drainée, comme l'indique l'absence d'étangs. Dans les bogs bombés à crête linéaire–convexe, la crête linéaire montre souvent les lignes de drainage caractéristiques des bogs bombés à crête. Dans la partie convexe de la crête, la surface est mal drainée, révélant un modelé de crêtes linéaires tourbeuses séparées par des dépressions humides et même des mares peu profondes disposées en ellipse autour de la crête (Glaser et Janssens, 1986).

Les dépôts de tourbe sur les bogs bombés ont typiquement plus de 3 m d'épaisseur. Les couches superficielles sont généralement constituées de tourbe de *Sphagnum* fibrique, reposant sur de la tourbe de *Sphagnum* mésique comportant des quantités variables de bois. Les couches basales sont habituellement composées de tourbe de fen, sous laquelle on trouve parfois de la tourbe aquatique. Les eaux souterraines et les couches supérieures de tourbe sont très pauvres en éléments nutritifs et très acides. La végétation des bogs bombés est dominée d'habitude par des épinettes noires rabougries, des arbustes de la famille des éricacées et des mousses de *Sphagnum*.

Les bogs bombés sont communs dans la sous-région humide de terres humides du Boréal moyen et dans la région du Bas-Boréal (Grondin et Ouzilleau, 1980; Glaser et Janssens, 1986). Ils ne se forment pas dans le climat subhumide des sous-régions continentales de la zone boréale où ils semblent être remplacés par des bogs de plateau tourbeux à la surface plane et légèrement élevée. Ces bogs sont traités dans une section ultérieure.

Deux exemples de bogs bombés, pris dans la sous-région humide du Boréal moyen sont présentés ci-après. Chaque bog est situé dans un bassin bordé d'un fen sur un côté ou plus et de marécages à la périphérie.

Le bog bombé (crête linéaire–convexe)

Un bog bombé situé près de Cochrane en Ontario (49°02' N, 81°00' O) represente cette forme de terre humide (figure 4–2). Le bog est presque complètement entouré d'un marécage minérotrophe mais il borde d'un côté un fen ouvert. On a établi un transect du marécage jusqu'au centre du bog bombé.

Dans ce bog, l'épinette noire, qui se rabougrit progressivement en arbuste au fur et à mesure qu'on se rapproche du centre, croît généralement sur les crêtes linéaires constituées de monticules tourbeux et disposées de façon concentrique autour du centre du bog, perpendiculairement au drainage. Dans ce bog particulier, l'infiltration est légèrement plus forte en direction du fen, ce qui ressort du développement plus accentué de crêtes boisées du bog et de mares entre les crêtes.

La partie boisée des bogs bombés est dominée d'habitude par l'épinette noire et le mélèze laricin (*Larix laricina*). L'étage arbustive est recouvert d'une végétation arbustive inférieure comprenant *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum groenlandicum* et *Kalmia polifolia*. Les principales mousses de surface sont *Sphagnum nemoreum*, *Sphagnum fuscum* et *Pleurozium schreberi*. *Sphagnum angustifolium* et *Sphagnum magellanicum* croissent dans certaines dépressions mouillées.

La partie ouverte des bogs bombés est généralement caractérisée par une couverture dense de *Eriophorum vaginatum* ssp. *spissum* ou par une végétation éparse composée de linaigrette dense et d'arbustes de

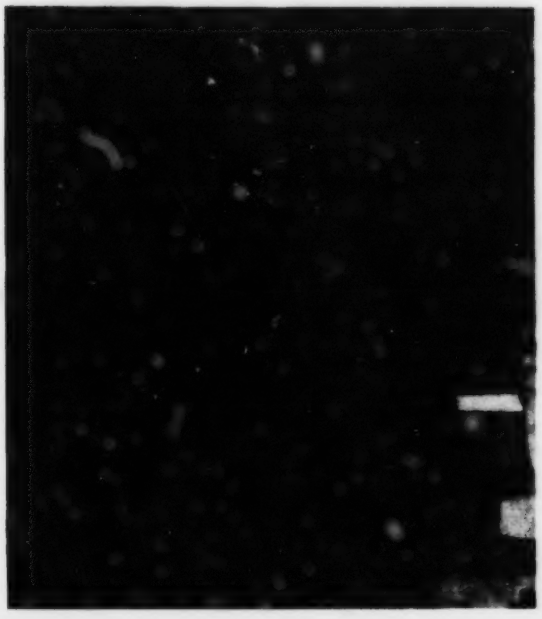


Figure 4–2.
Photo aérienne d'un bog bombé à centre humide, près de Cochrane en Ontario. Le bog, ouvert en grande partie, comporte des crêtes boisées et des petites mares en croissant. La flèche indique le centre approximatif du bog.

la famille des éricacées susmentionnés. *Sphagnum rubellum* et *Sphagnum nemoreum* constituent souvent les mousses prédominantes. À cause de la couleur rouge de ces deux espèces, qui les rend très visibles du haut des airs, les bogs de ce type sont souvent appelés "bogs rouges".

Dans ces bogs, on trouve souvent des mares allongées adjacentes à quelques crêtes boisées (figure 4–2). Quelques mares sont plutôt profondes (jusqu'à 50 cm), et leur fond se compose de matériaux organiques vaseux de consistance floconneuses ou de tapis d'algues. D'autres sont peu à peu envahies ou complètement recouvertes par *Sphagnum* spp. submergé ou flottant. *Sphagnum cuspidatum* a tendance à former des tapis submergés ou légèrement flottants; *Sphagnum majus*, des tapis un peu plus serrés s'élevant à peine au-dessus du niveau de l'eau. *Carex limosa* et *Scheuchzeria palustris* croissent souvent en bordure de ces mares recouvertes de tapis.

Le profil transversal d'une crête boisée, d'une mare de bog couverte de mousse et d'un bog bombé ouvert et consolidé d'un site d'étude, à Cochrane en Ontario, est présenté pour montrer que les mares se forment en bordure des crêtes du côté d'où l'eau s'écoule (figure 4–3). Ce phénomène indique que les crêtes nuisent au mouvement de l'eau en la retenant en amont de la pente.

D'après les caractéristiques chimiques des eaux superficielles et de la tourbe (tableau 4–2) il semble que l'on passe du marécage minérotrophe au bog ombrotrophe d'un côté, et du fen au bog de l'autre côté du terrain. On donne la teneur en cendres et les analyses chimiques d'échantillons prélevés à des profondeurs d'échantillonnage choisies du marécage, du bog et du fen sur le transect. La tourbe de marécage affiche la teneur la plus élevée en cendres, en azote (N) et en Ca dans les horizons supérieurs. La tourbe de fen affiche des valeurs intermédiaires et la tourbe de bog les valeurs les plus faibles.

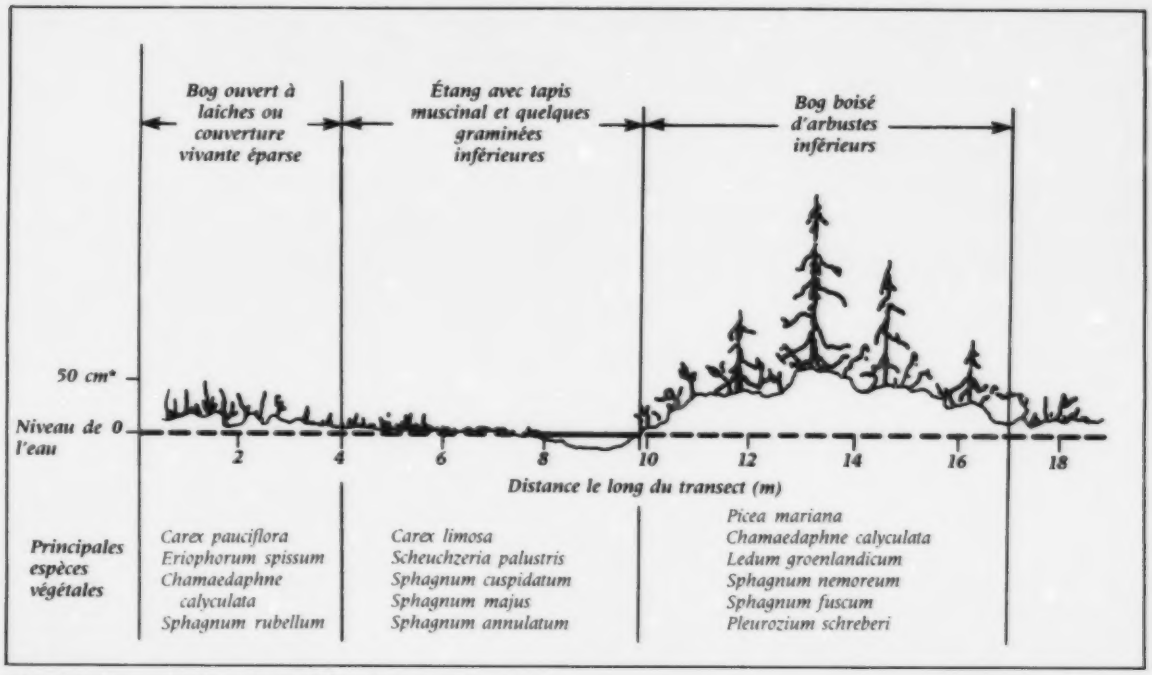
La composition chimique de la tourbe varie considérablement selon le profil, la teneur de certains éléments s'élevant ou diminuant avec la profondeur. Cette variation est liée à la composition végétale et à la teneur en éléments nutritifs des eaux souterraines à l'époque ou le dépôt s'est accumulé. De plus, la modification des quantités initiales est certainement due à un déplacement des éléments nutritifs dans le profil du terrain. Le calcium, qui augmente avec la profondeur, semble être un bon indicateur du régime trophique de la tourbe (tableau 4–3). Dans le profil du bog, il atteint 6 100 mg/kg à une profondeur de 310 à 350 cm. La teneur en calcium est la plus élevée dans la tourbe de marécage, et à la surface et à la base.

Ce bog bombé s'est formé dans un bassin bien défini, la partie centrale du bog étant située dans la section la plus basse du bassin (figure 4–2). On remarque une élévation de la topographie du terrain minéral sous-jacent entre le bassin du bog et le principal bassin du fen. Il se peut que cette crête a influencé sur la formation du bog (figure 4–4), car la bordure très inclinée du bog adjacente au fen se trouve sur cette crête souterraine de sol minéral.

La stratigraphie de la tourbe nous informe sur l'évolution de ce bog bombé (figure 4–4). La partie centrale de la masse de tourbe est dominée par de la tourbe de laîche, mélangée par endroits avec de la tourbe de *Sphagnum*. Au centre du bog, on trouve de la mousse brune à une certaine profondeur, ce qui laisse croire à l'existence antérieure d'un fen. Initialement, un fen occupait tout ce bassin avec un marécage à la périphérie du fen ouvert, produisant des conditions semblables à celles qui existent actuellement dans le fen de bassin adjacent. Le fen, isolé du bassin principal par la crête minérale, est devenu progressivement plus oligotrophe et son centre s'est transformé peu à peu en bog ouvert. Le niveau des eaux souterraines du bog s'est élevé légèrement avec la montée de la surface de la tourbe. À ce stade, l'excès d'eau a commencé à s'écouler en rayonnant du centre du bog vers la périphérie.

Le bog bombé (avec crête linéaire et bordure marécageuse)

On a examiné un autre bog bombé qui occupe une partie d'un grand complexe de fen boisé au nord de Timmins en Ontario (48°55' N, 82°06' O). Un transect, établi entre le terrain minéral et le centre du bog bombé, a révélé l'existence d'une bordure marécageuse, d'un fen adjacent pauvre en éléments nutritifs et faiblement boisé, et d'un bog bombé boisé au centre (figures 4–5 et 4–6).



La végétation représentée au-dessus de la surface du sol n'est pas à l'échelle

Figure 4–3.
Topographie et végétation le long d'un transect d'un bog bombé, près de Cochrane en Ontario.

Le marécage, situé en bordure du complexe de terres humides et où croissent des arbustes et des arbres, présente un grand nombre de mares profondes dont l'eau provient du sol minéral adjacent et du bog bombé au centre. La tourbe qui recouvre le sol minéral est peu mince (moins d'un mètre). La couche souterraine de tourbe du marécage contient les quantités les plus élevées de phosphore (P), de potassium (K), de Mg, de fer (Fe), de manganèse (Mn) et de sodium (Na) de tous les échantillons de ce complexe de terres humides (tableau 4–4). La teneur en azote y est plus élevée en surface que dans tous les autres terrains, indiquant une activité biologique plus intense. Bien que l'aulne blanc (*Alnus rugosa*) soit l'espèce dominante, l'épinette noire peut atteindre une taille considérable sur ce genre de terrain. Cependant, comme leurs racines s'enfoncent dans un sol organique peu profond, ces arbres peuvent être abattus par le vent.

La composition végétale de ces marécages est souvent complexe en raison de l'existence de microhabitats variés et de leur degré relativement élevé de minérotrophie. Les espèces caractéristiques des bas plateaux plus secs (comme *Cornus canadensis, Anemone quinquefolia, Mitella nuda, Trientalis borealis, Coptis trifolia,* et *Pleurozium schreberi*) croissent au sommet des buttes, tandis que *Sphagnum girgensohnii, Sphagnum magellanicum* et diverses espèces de *Carex* en occupent les côtés. On peut trouver *Mnium* spp. et des hépatiques dans les dépressions. L'aulne blanc domine l'étage arbustif, mais *Salix discolor, Ledum groenlandicum* et *Kalmia angustifolia* peuvent également s'y trouver. On trouve aussi des épinettes noires de différentes tailles et, parfois, des sapins baumiers et des peupliers baumiers.

Vers le centre du bog, les espèces du bas plateau, l'épinette de grande taille, l'aulne, le sapin, le peuplier, *Sphagnum girgensohnii* et quelques espèces de *Carex* qui occupent les côtés des buttes, disparaissent. Il y a encore des mares, mais plus de buttes élevées (de plus de 50 cm), ce qui élimine les habitats secs. La profondeur plus uniforme de la nappe phréatique réduit la diversité des micro-habitats et une communauté pauvre en espèces se forme. La profondeur de la tourbe jusqu'au sol minéral augmente (de 1 à 3 m) et la teneur en de nombreux éléments nutritifs de la rhizosphère diminue (tableau 4–4). Bien que les quantités d'éléments nutritifs soient faibles, la végétation est typique d'un fen. Des mélèzes laricins sont éparpillés parmi les épinettes noires, mais la plupart des arbres ont moins de cinq mètres de haut. Parmi les arbustes, on trouve des espèces répandues dans les fens (*Betula pumila* et *Salix pedicellaris*), ainsi que *Andromeda glaucophylla, Chamaedaphne calyculata, Kalmia polifolia* et *Ledum groenlandicum*, cette dernière étant commune dans les zones les plus pauvres en éléments nutritifs. *Carex chordorrhiza* et *Carex limosa* croissent à l'étage des graminées, et *Sphagnum augustifolium* et *Sphagnum magellanicum* dominent la strate des mousses. Les terrains bas abritent *Calliergon stramineum, Drepanocladus fluitans* et *Drepanocladus*

exannulatus, ainsi que diverses hépatiques (*Cladopodiella fluitans*, *Mylia anomala*, *Scapania irrigua*). Les plantes carnivores, plus particulièrement *Sarracenia purpurea* et *Drosera rotundifolia*, se trouvent à partir de ce point jusqu'au centre du bog.

Quelques autres espèces indicatrices de fen peuvent apparaître sur ce genre de terrain, particulièrement lorsqu'il y a un plus grand écoulement d'eau à partir du bog et un apport accru du sol minéral. Sur le terrain décrit ici, le centre ombrotrophe du bog et le sol minéral sous-jacent sont à l'origine d'une influence humide qui explique les teneurs intermédiaires en éléments nutritifs.

Au centre du bog, l'épaisseur de la tourbe dépasse 3 m (figure 4–6). Les conditions ombrotrophes dominantes sont reflétées par les faibles quantités de K, Ca, Mg, Fe, et Na (tableau 4–4). La teneur en cendres est également faible, indiquant que la tourbe renferme très peu de matériaux inorganiques.

Le centre du bog domine légèrement le fen environnant, peut-être à cause d'une accumulation plus rapide de tourbe. Sur de nombreuses buttes élevées de *Sphagnum fuscum* (de 50 à 75 cm) croissent des épinettes noires qui peuvent atteindre une hauteur de plus de 10 m. La reproduction de l'épinette noire s'effectue surtout par le marcottage de l'extrémité des branches dans la mousse. Il n'y a pas de mélèze laricin au centre du bog. *Sphagnum nemoreum* forme des îlots sur certaines buttes dont les sommets secs sont garnis de *Pleurozium schreberi*, *Cladina rangiferina* et *Cladina mitis*. *Ledum groenlandicum*, *Oxycoccus microcarpus* et *Gaultheria hispidula* figurent au nombre des espèces caractéristiques des buttes. Les terrains qui séparent les buttes sont sèches, car ils s'étendent parallèlement à l'écoulement de l'eau. *Sphagnum angustifolium* est répandu entre les buttes et les plantes vasculaires les plus communes comprennent *Rubus chamaemorus* et plusieurs espèces carnivores. Il y a des îlots de *Carex pauciflora* et d'*Eriophorum vaginatum*.

Ce bog bombé constitue l'un de plusieurs grands complexes hétérogènes dans un secteur d'environ 1 000 km² près de Timmins en Ontario. Ensemble, ces complexes retiennent des quantités considérables des pluies, qui sont souvent brèves, pour les déverser lentement dans les rivières. Bien que ces terres humides ne soient pas beaucoup utilisées par de nom-

Tableau 4–2. Propriétés chimiques et autres caractéristiques de la tourbe et de l'eau provenant d'un transect d'un bog bombé à crête linéaire – convexe, près de Cochrane en Ontario

Description du site		De feuillus	D'arbres à feuilles caduques	Sans arbres	Boisé	Humide	À monticules	Sans arbres	À monticules	Boisé	Ouvert
		Marécage		Bog							Fen
Régime hydrique											
Profondeur de la nappe phréatique (cm)		5	15	20	15	10	15	20	25	5	−2
Superficie recouverte d'eau (%)		10	2	2	0	1	1	1	0	10	50
Nappe phréatique											
pH		6.0	5.7	3.9	3.6	3.8	3.6	4.0	3.9	3.5	4.0
Ca	Cations échangeables (mg/L)	11.40	6.50	2.90	6.90	2.20	2.00	3.80	2.60	4.50	3.10
Mg		2.29	1.52	0.32	0.47	0.31	0.23	0.31	0.21	0.64	0.25
Mn		0.58	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Fe		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Cu		0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.02	0.02
Pb		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Zn		0.02	0.02	0.04	0.04	0.02	0.03	0.04	0.01	0.04	0.01
Al		0.67	0.70	0.54	0.71	0.55	0.74	0.68	0.63	0.91	0.49
P		1.38	1.19	0.37	*	*	*	*	0.50	*	*
Tourbe											
Ca	Cations totaux (mg/kg) dans les 10–20 cm supérieurs	—	21 600	1 700	800	1 200	1 100	1 200	1 900	9 300	2 400
Mg		—	1 310	210	130	190	2 220	320	270	330	390
Mn		—	110	110	110	160	70	50	60	110	120
Fe		—	2 230	990	390	320	390	590	72	1 280	1 410
Na		—	100	100	100	120	60	120	70	60	130
N		—	16 300	12 100	13 200	13 500	10 300	12 900	21 500	17 100	14 800
P		—	430	580	490	570	230	620	510	300	700
K		—	430	760	220	170	170	530	370	220	570
Teneur en cendres (%)		—	7.9	3.4	2.0	4.0	2.0	3.4	2.8	4.7	3.9
Profondeur du sol minéral (m)		0.1	2.2	5.5	5.8	6.2	6.0	4.5	3.2	3.4	3.4

**Valeur inférieure à la limite de détection.*

Tableau 4–3. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe provenant d'un bog, d'un fen et d'un marécage boréaux près de Cochrane en Ontario

Profondeur de l'échantillon (cm)	*Décomposition (von Post)*	*Matière*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*					
				Ca	*Mg*	*Fe*	*N*	*P*	*K*
Bog boréal									
0–50	2	*Sphagnum–Carex*	1.8	1 200	200	300	13 500	600	200
50–100	4	*Carex–Sphagnum*	1.1	2 000	300	400	8 100	300	100
150–200	6	*Carex–Sphagnum*	1.5	3 600	100	400	9 800	20	100
310–350	2	*Drepanocladus*	2.2	6 100	2 100	900	17 700	400	100
Fen boréal									
0–20	2	*Sphagnum–Carex*	3.3	2 400	400	1 400	14 800	700	600
70–100	7	Absence de données	9.0	8 400	400	3 300	25 900	600	800
135–175	5–6	Absence de données	6.0	11 100	400	3 000	23 600	400	600
Marécage boréal									
0–50	3	*Sphagnum*–bois–*Pleurozium*	7.9	21 600	1 300	2 200	16 300	400	400
205–215	4	*Sphagnum*–bois–*Pleurozium*	7.2	24 200	4 100	13 100	11 300	500	7 800

breuses espèces fauniques, la grue canadienne (*Grus canadensis*) habite les fens de la région avec ses oisillons et fréquente les bogs.

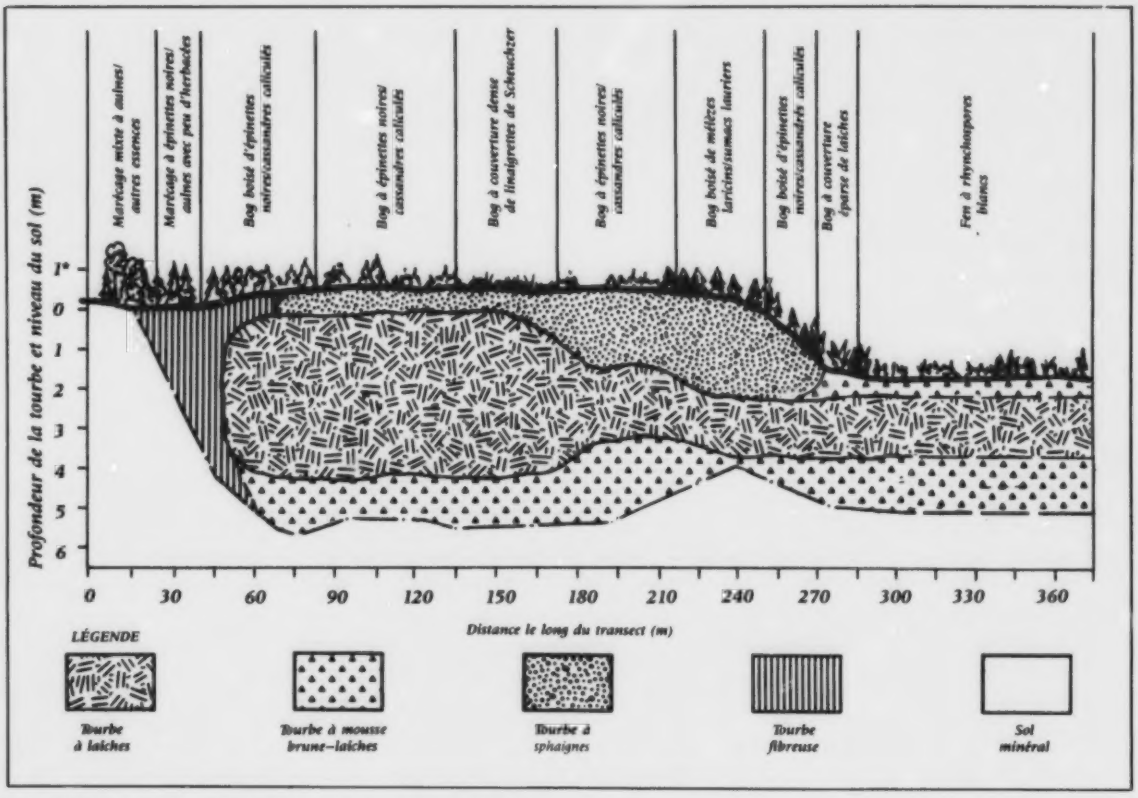
Les bogs de plateau du Nord

Cette forme de terres humides ombrotrophe possède une surface plane, dominant de 0.5 à 1 m le fen environnant. Le terrain généralement plat présente toutefois un micro-relief bosselé. L'élévation d'un bog de plateau du Nord est d'habitude le résultat d'une accumulation verticale de tourbe supérieure à celle du fen environnant. Par suite de son élévation accrue, la tourbe superficielle est isolée de la nappe phréatique locale. Donc, l'eau accessible à la végétation à la surface du bog provient surtout des précipitations. La superficie des bogs de plateau du Nord varie de plusieurs hectares à plusieurs kilomètres carrés, et leur forme, vue des airs, ressemble souvent à celle d'une larme. Cette forme de terre humide, qui ressemble à "l'île d'épinettes noires" définie par Heinselman (1963) ainsi qu'à "l'île ovoïde" de Glaser *et al.*, (1981), se développe souvent dans les parties des grands fens de bassin qui semblent échapper au principal courant d'infiltration, c'est-à-dire dans des baies ou à la périphérie (figure 4–7). D'habitude les bogs de plateau du Nord sont boisés, mais ils peuvent aussi être dépourvus d'arbres et garnis d'arbustes de la famille des éricacées. Cette forme de terre humide est répandue dans la sous-région continentale des terres humides du Haut-Boréal là où le relief est modéré et pourrait équivaloir aux bogs bombés des climats subhumides.

L'épaisseur du dépôt de tourbe dépasse fréquemment 2 m, mais est rarement supérieure à 5 m. On observe en général trois couches de tourbe. La couche superficielle, de 50 à 90 cm d'épaisseur, est composée de résidus de *Sphagnum* fibrique et de feuilles d'éricacées. La couche intermédiaire, de 1 à 2 m d'épaisseur, est constituée d'un mélange modérément décomposé de tourbe forestière et de *Sphagnum*, ou de tourbe de fen ou des deux. La couche de base est composée parfois de tourbe forestière ligneuse modérément à bien décomposée, mais plus souvent, de tourbe aquatique ou de fen bien décomposée.

Les sols des bogs de plateau du Nord sont des mésisols fibriques et des fibrisols mésiques où la tourbe superficielle de *Sphagnum* est peu épaisse (de 60 à 135 cm), et des fibrisols typiques où la tourbe de *Sphagnum* fibrique dépasse les 135 cm de profondeur. D'habitude la tourbe superficielle est extrêmement acide (pH inférieur à 4.5), le degré d'acidité diminuant toutefois avec la profondeur. La teneur en cendres de la tourbe est faible, soit de l'ordre de 5 à 10 %, et augmente habituellement avec la profondeur. La teneur en éléments nutritifs est également faible, mais augmente aussi avec la profondeur. La couche superficielle de tourbe de *Sphagnum* présente généralement les teneurs les plus faibles en éléments nutritifs globaux et disponibles. Les matériaux tourbeux situés à une plus grande profondeur dans cette forme de terre humide se sont formés en général quand les éléments nutritifs étaient plus abondants et en comportent donc plus.

La végétation associée à cette forme de terre humide est relativement uniforme à travers toutes les régions boréales, bien que l'abondance des diverses espèces puisse varier. Des peuplements semi-ouverts



* *La végétation au-dessus de la surface du sol n'est pas représentée à l'échelle.*

Figure 4–4.
Coupe transversale d'un bog bombé à crête convexe-linéaire présentant la végétation, la topographie superficielle et la stratigraphie générale de la tourbe. Près de Cochrane en Ontario.

à fermés de *Picea mariana* rabougri constituent la forme dominante de couverture arborescente. Un couvert arbustif inférieur de la famille des éricacées, de faiblement à bien développé, se trouve généralement sur un sol onduleux formé par *Sphagnum* spp. *Ledum groenlandicum*, caractérise l'étage arbustif où l'on trouve également *Chamaedaphne calyculata, Kalmia angustifolia, Rubus chamaemorus* et *Picea mariana* arbustif. Les buttes de *Sphagnum* sont fréquemment couvertes de *Vaccinium vitis-idaea* et de *Vaccinium oxycoccus*. Cet étage arbustif s'éclarcit ou disparaît dans les parties plus boisées des bogs de plateau du Nord.

La surface onduleuse de ces bogs est due à la formation de coussins de *Sphagnum fuscum*. Les apex et les côtés plus secs présentent souvent un couvert lichénique caractéristique, comme de *Cladina rangiferina*. D'autres espèces de *Sphagnum* croissent dans les creux et les dépressions entre les buttes où la nappe phréatique est plus proche de la surface. Dans de tels endroits, on peut trouver *Eriophorum* spp. et *Sarracenia purpurea*.

On trouve un exemple de cette forme de terre humide dans la région de Riverton au Manitoba (51°05′ N, 97°00′ O); quatre bogs de plateau du Nord s'y sont en effet formés dans un petit fen de bassin de

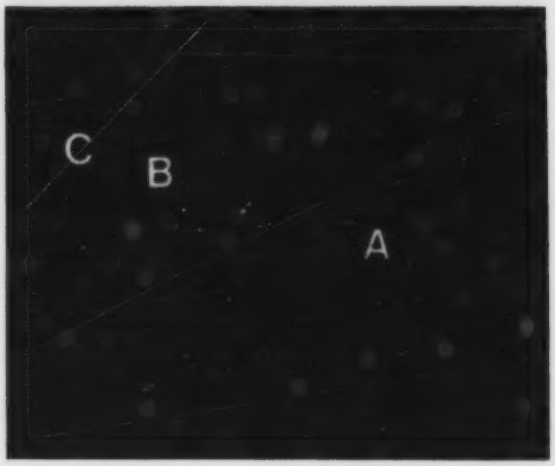


Figure 4–5.
Photo aérienne d'un bog bombé à centre sec présentant des chenaux de drainage qui rayonnent à partir du centre (A). Le bog est entouré d'un fen boisé (B) et d'un marécage à aulnes sur sa bordure extérieure (C). Près de Cochrane en Ontario.

150 ha. On a établi un transect reliant un des bogs de plateau du Nord à un chenal de fen situé entre ce bog et un autre.

Ce bog de plateau du Nord est recouvert d'une végétation arborescente éparse constituée de *Picea mariana*, qui atteint 10 m de hauteur, et d'un étage arbustif inférieur dense de *Ledum groenlandicum* et de *Chamaedaphne calyculata*. La strate des herbacées, constituée de *Vaccinium vitis-idaea* et d'*Oxycoccus quadripetalus*, est très clairsemée. Les mousses, dont *Sphagnum fuscum* dans les sections ouvertes et *Pleurozium schreberi* et *Hylocomium splendens* dans les sections plus densément boisées, couvrent presque 75 % de la surface. La couverture lichénique éparse est composée principalement de *Cladina mitis* et de *Cladina rangiferina*, avec plusieurs espèces de *Cladonia*.

La surface du bog s'abaisse brusquement de quelque 40 cm jusqu'au niveau du fen, qui est surtout de type arbustif avec des éclaircies. L'étage arbustif est dominé par *Myrica gale* et comporte une abondance d'arbustes supérieurs appartenant aux espèces *Betula pumila* et *Salix lucida*. L'étage des herbacées, qui couvre environ 60 % de la surface, est composée principalement de *Carex lasiocarpa* et de *Carex aquatilis*, avec quelques *Calamagrostis inexpansa*. L'étage des mousses plutôt épars, ne recouvre qu'environ 20 % de la surface et consiste principalement de *Campylium stellatum*, de *Drepanocladus aduncus* et d'*Hypnum pratense*.

La couche tourbeuse de ce bog de plateau du Nord atteint 166 cm de profondeur et la nappe phréatique se trouve à 70 cm. Dans le fen, la tourbe atteint une profondeur de 110 cm et la nappe phréatique, à l'époque de l'étude, se trouvait à 13 cm de la surface. La stratigraphie de la tourbe du bog indique la présence d'une tourbe de *Sphagnum fuscum* fibrique (0–95 cm), qui cède rapidement la place à de la

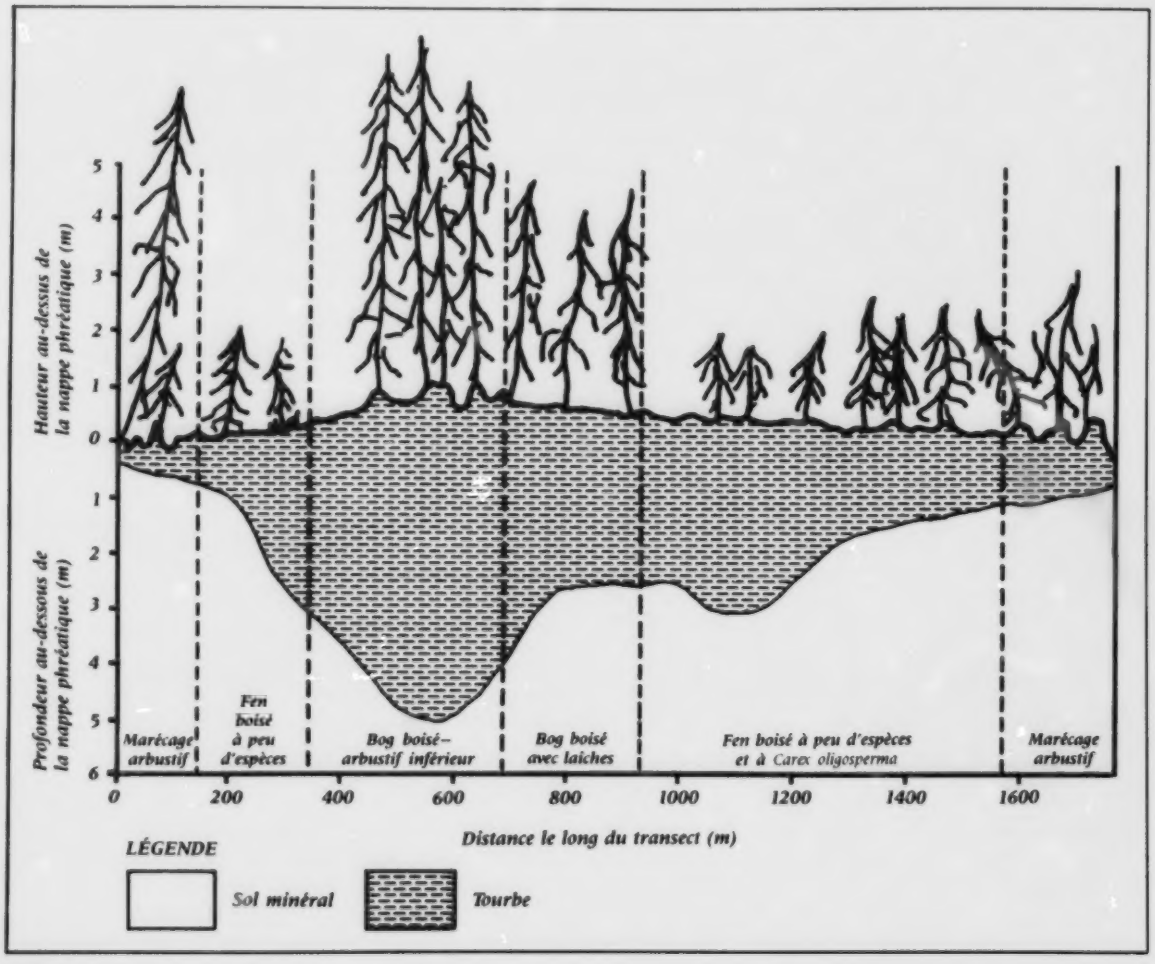


Figure 4–6.
Transect d'un bog bombé présentant un crête linéaire et une marge marécageuse. Près de Cochrane en Ontario.

Tableau 4–4. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe de* Sphagnum *et de l'eau d'échantillons prélevés à trois sites, dans un bog boréal bombé à crête linéaire, près de Timmins en Ontario

Site d'échantillonnage	Profondeur de l'échantillon (cm)	pH	Décomposition (von Post)	Teneur en cendres (%)	Éléments totaux (mg/kg)							
					Ca	Mg	Mn	Fe	Na	N	P	K
Tourbe												
Marécage arbustif	0–30	—	3	9.0	24 100	1 720	101	1 850	91	13 940	30	420
	75–85	—	6	44.8	29 100	6 200	360	15 410	367	9 350	940	8 070
Fen pauvre en éléments nutritifs	0–40	—	2	3.3	5 420	530	30	480	142	8 110	690	650
	60–100	—	4	10.7	33 010	1 570	63	1 970	67	9 920	380	240
Bog arbustif inférieur boisé	0–20	—	3	2.6	1 890	210	62	450	114	10 500	380	390
	50–100	—	5	2.0	2 690	250	51	310	121	10 370	250	140
Eau												
Marécage arbustif	—	4.9	—	—	0.94	*	*	*	—	—	—	—
Fen pauvre en éléments nutritifs	—	4.4	—	—	2.17	0.51	*	*	—	—	—	—
Bog arbustif inférieur boisé	—	4.0	—	—	1.32	0.18	*	*	—	—	—	—

* *Valeur inférieure à la limite de détection.*

tourbe mésique de fen composée de résidus de *Carex* spp. et de *Menyanthes trifoliata* (95–159 cm) (figure 4–8). Ces couches tourbeuses reposent sur une mince couche mixte organique–minérale (159–166 cm) et un sol minéral d'argile limoneuse. La teneur totale en éléments nutritifs de la tourbe est faible dans la couche de *Sphagnum*, bien que des quantités élevées de Ca indiquent une contamination possible par la poussière des routes (tableau 4–5). La partie inférieure de la séquence de *Sphagnum* (55–95 cm) possède une teneur plus élevée en éléments nutritifs que la couche superficielle. La tourbe de fen de la partie inférieure de la séquence affiche des concentrations nettement plus élevées de tous les éléments nutritifs.

Dans le fen, la stratigraphie révèle d'abord une couche de tourbe fibrique de fen, constituée principalement de résidus de *Carex*. À une plus grande profondeur se trouve une tourbe mésique de fen, également formée de *Carex* spp. et de *Menyanthes trifoliata*, avec quelques brindilles provenant de divers arbustes. La couche basale, une tourbe humifiée de 10 cm d'épaisseur, repose sur un sol minéral. Les teneurs en éléments nutritifs sont plus élevées qu'à la surface du bog et elles augmentent avec la profondeur (tableau 4–6). Exception faite des matériaux du bog qui se trouvent au-dessus du niveau du fen (de 0 à 47 cm, quatre échantillons), les propriétés chimiques du fen et du bog inférieur sont comparables.

L'évolution de cette terre humide, révélée par la stratigraphie de la tourbe, semble débuter par une dépression mouillée dominée par un marais où la tourbe a commencé à s'accumuler. Un fen ouvert garni d'îlots arbustifs s'est formé dans le bassin, mais plus tard, un bog a commencé soudainement à se développer dans certaines parties du bassin. La tourbe s'est accumulée plus rapidement dans le bog, surélevant sa surface au-dessus du fen et l'y maintenant. La formation des bogs de plateau du Nord comporte souvent une certaine expansion latérale sur la surface des fens ouverts ou arbustifs adjacents. Les eaux superficielles des bogs ont des caractéristiques oligotrophes, mais a 70 cm les eaux sont moins acides et s'associent au milieu du fen. Donc, il semble que la couche de tourbe située sous le bog au même niveau que le fen ou plus bas, peut subir l'influence des eaux du fen, plus riches en éléments nutritifs.

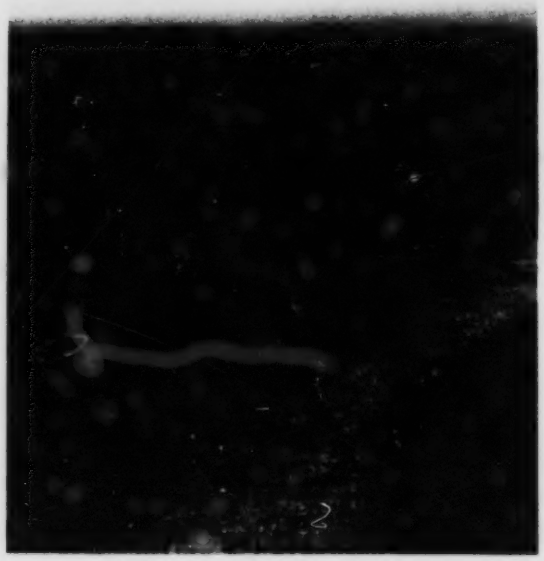


Figure 4–7.
Vue aérienne de bogs de plateau du Nord groupés dans une dépression d'un grand fen et séparés par des chenaux de fen qui rejoignent le fen principal, à la droite.

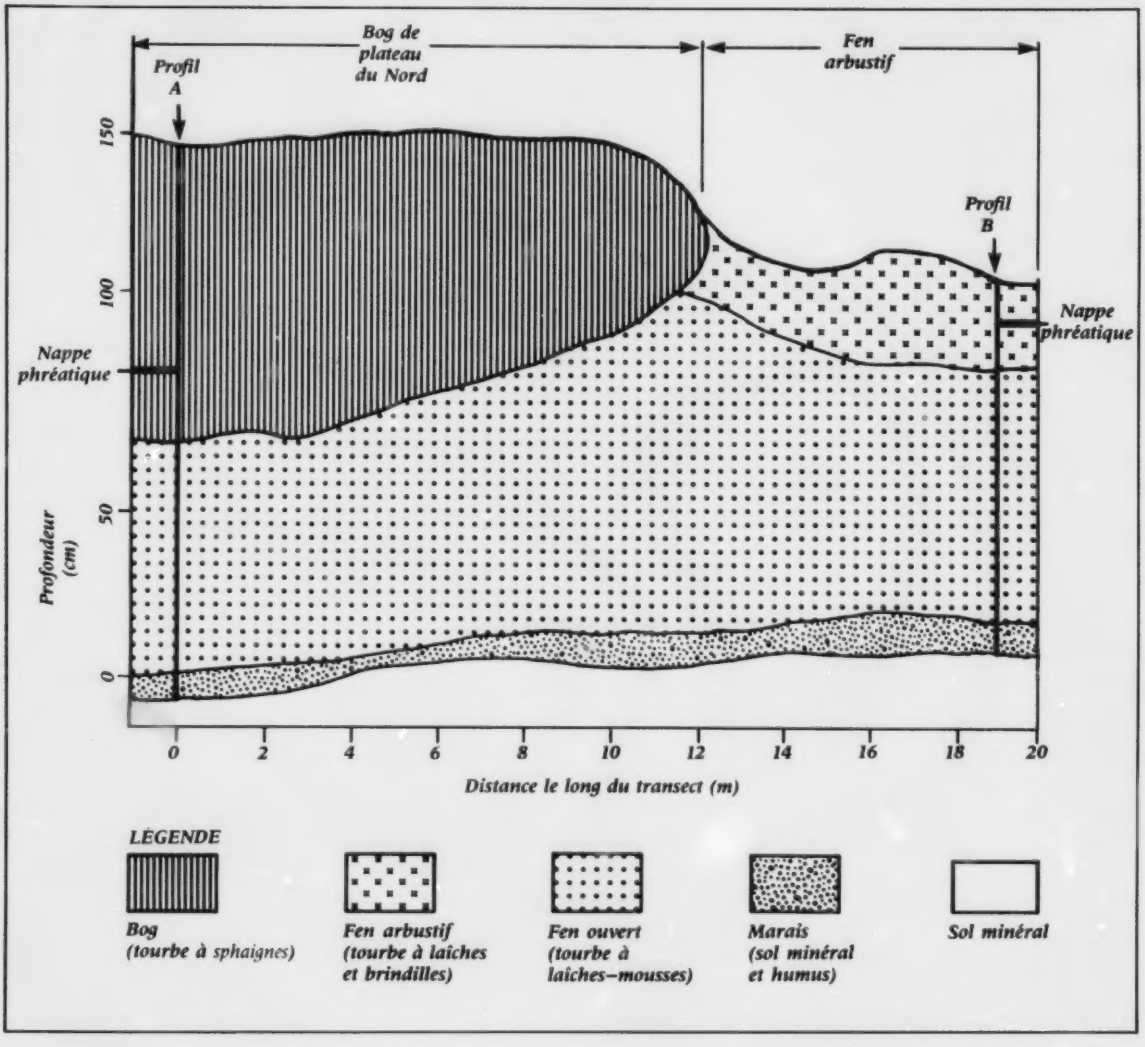


Figure 4–8.

Coupe transversale d'un bog de plateau du Nord, situé près de Riverton au Manitoba, illustrant les milieux de terres humides au moment de l'accumulation de la tourbe.

Les bogs plats

Cette forme de terre humide ombrotrophe à surface plane et sans relief (Reid et Morrow, 1974) apparaît dans de vastes dépressions mal définies. La végétation des bogs plats est surtout constituée d'arbres rabougris et d'arbustes de la famille des éricacées. La profondeur des dépôts de tourbe dans ces bogs est généralement uniforme, variant de 2 à 4 m. Cette forme de terre humide est répandu dans la région de terres humides du Haut-Boréal, dans les zones parties relief peu élevé comme les basses terres de la baie James et de la baie d'Hudson.

La couverture végétale semble uniforme partout dans la région du Haut-Boréal (figure 4–9), mais la composition et l'abondance de certaines espèces peuvent varier selon la région. *Picea mariana* est généralement la seule espèce d'arbre qui croît dans les bogs plats. Il y a des épinettes noires rabougries éparses partout dans les bogs plats de la sous-région continentale du Haut-Boréal. Dans la sous-région humide du Haut-Boréal orientale, les arbres sont limités à la périphérie de ces bogs. Sous les arbres et dans les clairières se trouve un étage arbustif dense, composé de *Chamaedaphne calyculata*, de *Kalmia angustifolia* dans l'est (de *Kalmia polifolia* dans l'ouest) et de *Ledum groenlandicum* avec quelques *Rubus chamaemorus*. La plante herbacée *Smilacina trifolia* est commune. Dans la sous-région humide des terres humides du Haut-Boréal, il n'y a généralement pas d'arbres au centre des bogs plats et les quelques exceptions n'ont qu'une taille d'arbuste. Des arbustes de la famille des éricacées poussent sur les buttes de mousse légèrement surélevées. L'étage des mousses se compose surtout de *Sphagnum fuscum*, avec de *Sphagnum fallax* et de *Sphagnum angustifolium*. Des lichens comme *Cladina rangiferina* et *Cladina stellaris*

Tableau 4–5. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant d'un bog de plateau du Nord, près de Riverton au Manitoba

Profondeur de l'échantillon (cm)	pH	Matière	Décomposition (von Post)	Teneur en cendres (%)	Éléments totaux (mg/kg)				
					Ca	Mg	Fe	S	P
Tourbe									
0–2	4.1	*Sphagnum*	1	3.8	6 253	1 724	1 019	918	620
14–17	4.4	*Sphagnum*	2	3.7	1 737	1 146	1 369	619	433
30–32	4.6	*Sphagnum*	2	4.5	1 769	1 722	1 326	566	217
45–47	4.6	*Sphagnum*	2	1.4	2 029	3 449	761	609	183
60–62	4.7	*Sphagnum*	2	2.3	5 351	4 619	445	820	200
75–80	5.1	*Sphagnum*	2	4.3	6 769	4 311	435	2 478	367
97–102	5.3	De fen	5	5.2	9 765	4 610	629	6 905	418
117–122	5.6	De fen	5	9.6	17 459	6 928	1 403	11 197	442
130–135	5.9	De fen	5	9.9	20 849	7 585	2 732	13 065	348
140–145	6.0	De fen	5	10.3	21 205	7 388	2 939	13 118	364
150–155	6.1	De fen	5	11.7	21 531	7 361	6 018	16 377	405
160–165	6.2	Humus minéral	—	90.9	6 029	13 351	35 405	1 900	437
170–175	6.8	Sol minéral	—	93.8	6 495	13 278	35 378	1 086	489
Eau									
70	4.7	—	—	—	2.2	1.9	0.2	1.2	0.2

peuvent se trouver sur les buttes de mousses plus sèches. La végétation dominante des petites dépressions mouillées est constituée de *Carex oligosperma*, accompagné de quelques *Sarracenia purpurea* et *Andromeda glaucophylla* (*Andromeda polifolia* dans l'ouest).

La tourbe sous la surface des bogs plats se compose généralement de trois couches dont la plus importante est la couche mésique intermédiaire. La couche superficielle se compose de 30 à 60 cm de mousses fibriques et de feuilles d'éricacées. La couche intermédiaire, dont l'épaisseur peut atteindre 3 m, se compose de matériaux semblables modérément décomposés. La couche basale, bien décomposée, se compose de résidus de laîches et de bois d'arbre.

On trouve un exemple de cette forme de terre humide à la baie Washow au Manitoba (51°25′ N, 96°53′ O) sur le lac Winnipeg. Cette terre humide est située dans une large dépression s'élevant à quelques mètres seulement au-dessus du niveau des eaux du lac Winnipeg. Soixante-quinze pour cent de la surface du bog plat est recouverte d'arbres qui ont en général moins de 5 m de hauteur. On remarque un couvert arbustif presque continu de plantes de la famille des éricacées, dont *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum groenlandicum* et *Kalmia polifolia*. L'étage des herbacées épars se compose surtout de *Vaccinium vitis- idaea*, de *Oxycoccus quadripetalus* et de quelques *Rubus chamaemorus*. Les mousses, qui couvrent toute la surface du bog, comprennent surtout *Sphagnum fuscum*, *Pleurozium schreberi* et, dans une moindre mesure, *Dicranum polysetum* et *Dicranum undulatum*. *Cladina rangiferina* et *Cladina mitis* sont les principaux lichens épars que l'on peut observer.

On a effectué un carottage près du centre du bog, où l'épaisseur de la tourbe atteignait 469 cm. La stratigraphie de la tourbe (tableau 4–7) indique une épaisse accumulation de tourbe de *Sphagnum fuscum* (0–325 cm), suivie d'un mélange tourbeux de *Sphagnum teres–Menyanthes* (325–385 cm), et finalement d'une couche de tourbe de *Carex–Menyanthes* (385–469 cm) reposant sur de l'argile limoneuse qui comporte des inclusions humiques organiques. D'après les analyses chimiques, des conditions oligotrophes prévalent de 0 à 270 cm et les teneurs en éléments nutritifs sont beaucoup plus élevées au-

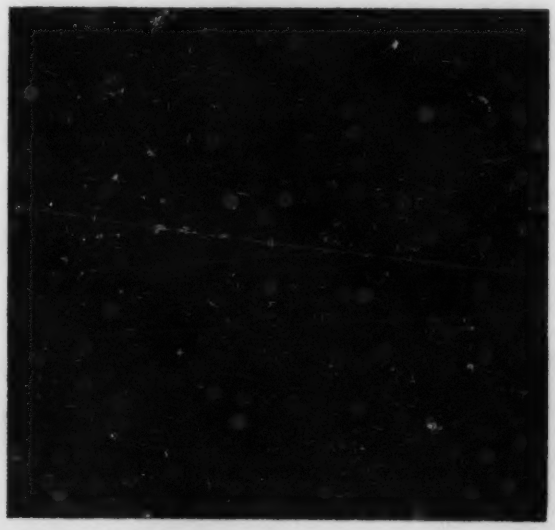


Figure 4–9.
Vue aérienne d'un bog plat sans accident de terrain et à couverture de Picea mariana*–lichens. Près du lac Kimiwan en Alberta.*

dessous de 320 cm. Il semble donc que les eaux souterraines riches en éléments nutritifs n'influent que sur les couches les plus basses de *Sphagnum fuscum* (270–330 cm). On en conclut que le bassin occupé par le bog ne reçoit que de faibles quantités d'eaux minérotrophes.

La séquence de dépôts montre que cette terre humide est d'abord apparue sous la forme d'une prairie humide, possiblement un marais, pour se transformer en fen ouvert. Une datation au radiocarbone de la tourbe basale a donné 4 340 ± 155 ans (ANE); la tourbe aurait donc commencé à se déposer il y a environ 4 300 ans. Le fen ouvert a été remplacé par un fen boisé, qui a contribué à l'accumulation de 70 cm de tourbe (330–400 cm), puis par un bog dominé par du *Sphagnum fuscum* (dépôt de tourbe au-dessus de 330 cm). Ce bog a occupe le terrain jusqu'à l'époque actuelle.

Les bogs de bassin

Ces terres humides ombrotrophes se forment dans les bassins où le drainage est essentiellement fermé (figure 4–10) et sont alimentées en eau par les précipitations et le ruissellement des environs immédiats. Leur surface plane recouvre souvent plus de 3 m de tourbe qui remplissent le bassin topographique. Ces bogs comportent d'habitude un étage arborescent d'épinettes noires, mais on observe aussi des bogs de bassin arbustifs dépourvus d'arbres. Ils sont souvent encerclés d'une bordure de marécages à grands arbustes ou à conifères. Dans ces cas, le bog de bassin a l'apparence d'un bol, moins élevé au centre qu'à la périphérie, mais cette impression est créée par la présence à la périphérie de grands arbres qui se rabougrissent à mesure que l'on progresse vers le centre. D'autres bassins peuvent avoir en bordure un fen étroit (moins de 15 m de largeur) influencé par le ruissellement minérotrophe provenant du bas-plateau. La surface du bog s'élève légèrement (de 25 à 40 cm) vers le centre du bassin, créant des conditions ombrotrophes superficielles. Dans les deux cas, l'eau minérotrophe n'a pas d'effet sur la surface du bog, bien que l'on puisse trouver ce genre d'eau riche en minéraux à une faible profondeur sous la surface ombrotrophe.

L'épaisseur de la tourbe augmente habituellement vers le centre du bog de bassin, mais elle peut varier selon la configuration de la surface du bassin. La couche tourbeuse superficielle comporte d'habitude une tourbe fibrique peu profonde (de 40 à 60 cm) composée de mousse de *Sphagnum* et de restes d'éricacées. Cette couche recouvre en général une tourbe mésique de *Sphagnum* ou une tourbe de fen de *Carex*–mousse. Dans de nombreux bogs de bassin, ces séquences reposent sur des tourbes aquatiques qui cèdent graduellement la place à des sédiments lacustres. Dans d'autres cas, la couche tourbeuse intermédiaire recouvre une tourbe bien décomposée reposant sur un sol minéral. La couche supérieure est généralement acide (pH inférieur à 4.5) et sa teneur en éléments nutritifs est faible. Ces conditions oligotrophes peuvent se trouver au moins jusqu'au milieu de la couche intermédiaire. Cependant, des conditions minérotrophes prévalent généralement dans la partie inférieure de la tourbe.

La végétation des bogs de bassin ressemble à celle des autres bogs des régions boréales. Les bogs de bassin boisés possèdent une couverture claire (de 10 à 50 %) de *Picea mariana* dont la hauteur dépasse rarement 5 m. Des arbustes de la famille des éricacées comme *Ledum groenlandicum*, *Chamaedaphne calyculata* et *Kalmia polifolia* (*Kalmia angustifolia* dans l'est) couvrent de grandes parties de ces bogs et, dans les bogs dépourvus d'arbres, ils couvrent encore plus d'espace. *Eriophorum vaginatum*, *Smilacina trifolia* et *Rubus chamaemorus* se trouvent sur les terrains plus mouillés. *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum magellanicum* et *Sphagnum fallax* constituent les principales espèces de mousses formant la tourbe.

Les bogs de bassin sont communs dans toutes les régions de terres humides boréales, particulièrement dans les secteurs au relief modéré à élevé où abondent

Tableau 4–6. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant d'un fen boréal, près de Riverton au Manitoba

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
0–2	4.6	De fen	1	9.8	6 939	4 265	2 044	1 701	1 736
15–17	4.7	De fen	2	18.7	4 749	2 617	1 812	2 271	1 181
30–32	5.0	De fen	2	5.4	7 170	3 825	749	5 601	534
45–47	5.9	De fen	2	5.0	8 641	4 980	582	7 120	564
60–65	6.2	De fen	5	11.5	15 598	8 038	2 117	12 775	500
75–80	6.5	De fen	5	11.5	18 074	8 255	2 472	13 650	384
89–94	6.8	De fen	5	10.6	17 624	7 773	3 640	14 312	435
101–106	6.0	Humique	8	43.4	16 631	9 494	13 303	12 524	434
Eau									
13	4.7	—	—	—	7.5	8.5	0.4	3.7	0.1

les bassins mal drainés. Nous donnons ci-dessous un exemple de bog de bassin de la région bu Bas-Boréal.

Le bog de bassin (avec bordure marécageuse)

On a étudié un bog de bassin boisé avec bordure marécageuse à conifères près de Pointe du Bois au Manitoba (50°20′ N, 95°39′ O). Le bog est situé dans un bassin formé par de roches précambriennes. Le seul apport d'eau vient du ruissellement sur les pentes environnantes, mais il y a évacuation par infiltration à la limite nord-ouest du bog.

Cette terre humide est bordée d'un marécage d'environ 50 m de largeur où croissent de grands arbres de l'espèce *Picea mariana*. Le marécage se transforme assez brusquement en bog de bassin vers le centre, qui est recouvert d'arbres rabougris clairsemés. La bordure marécageuse possède un dense couvert d'arbres s'élevant jusqu'à 14.5 m, il s'agit surtout d'épinettes noires et de quelques mélèzes laricins dans les petites clairières. L'étage arbustif est clairsemé, sauf dans les clairières où l'on trouve *Ledum groenlandicum* et *Chamaedaphne calyculata*. L'étage des herbacées, également épars, comporte quelques spécimens individuels de *Vaccinium vitis-idaea* et de *Smilacina trifolia*. Il y a un tapis presque continu d'hypnes, où dominent par ordre décroissant *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens* et *Ptilium crista-castrensis*. Diverses autres mousses apparaissent dans divers micro-habitats comme les dépressions mouillés et les monticules plus secs.

Une carotte de tourbe a été prélevée dans la bordure marécageuse à peu près à mi-chemin entre le bas plateau minéral environnant et le bog de bassin. On a également échantilloné l'eau de la nappe phréatique dans la couche tourbeuse à 66 cm, et celle d'une petite mare de dépression à 42 cm sous la surface du sol. Dans la séquence tourbeuse, les 20 cm supérieurs étaient constitués de tourbe ligneuse d'hypnes, également appelée tourbe "forestière". Cette couche reposait sur une autre composée de *Sphagnum fuscum* (20–93 cm) contenant plusieurs couches de charbon de bois, elles-mêmes sus-jacente à une mince couche de tourbe de *Carex* contenant des brindilles (93–110 cm) et reposant sur une couche de tourbe forestière ligneuse. On trouve un sol minéral d'argile limoneuse à 165 cm.

Les analyses chimiques (tableau 4–8) indiquent que la surface est riche en Ca, mais que la tourbe immédiatement au-dessous est pauvre en éléments nutritifs. On soupçonne un enrichissement par le ruissellement superficiel provenant du bas plateau minéral, car, à faible profondeur, l'eau des dépressions sur ce terrain présente des teneurs en Ca, en Mg et en soufre (S) environ deux fois supérieures à celles de la nappe phréatique quelque peu plus profonde. En général, le sol devient minérotrophe à 50 cm et la quantité d'éléments nutritifs augmente avec la profondeur.

L'évolution de ce terrain humide à bordure marécageuse, que révèlent les résidus végétaux de la séquence tourbeuse, a commencé par la formation

Tableau 4–7. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant d'un bog plat, à Washow Bay au Manitoba

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
15–17	4.2	*Sphagnum fuscum*	2	3.6	2 962	1 034	1 026	493	358
44–46	4.1	*Sphagnum fuscum*	2	2.7	1 213	629	1 581	342	451
73–75	4.4	*Sphagnum fuscum*	3	1.5	1 528	789	717	390	278
103–108	4.7	*Sphagnum fuscum*	2	1.4	1 706	639	717	272	123
133–138	4.7	*Sphagnum fuscum*	2	2.0	1 667	710	558	355	166
163–168	4.7	*Sphagnum fuscum*	2	1.5	1 996	1 225	603	293	123
193–198	4.8	*Sphagnum fuscum*	2	1.4	2 242	1 690	549	339	115
223–228	4.8	*Sphagnum magellanicum*	3	2.1	2 772	2 004	493	543	264
255–260	4.9	*Sphagnum magellanicum*	4	2.2	2 960	1 950	436	527	207
285–290	5.0	*Sphagnum fuscum*	5	3.8	7 756	4 373	625	789	220
320–325	5.0	*Sphagnum fuscum*	5	5.2	10 129	4 146	901	3 502	216
350–355	5.0	*Sphagnum teres*	6	5.0	12 197	4 302	1 472	3 056	269
380–385	5.0	*Sphagnum teres*	6	5.1	12 012	3 360	2 393	4 323	451
415–420	5.6	*Carex–Menyanthes*	6	5.7	13 173	3 095	3 352	3 390	456
445–450	5.9	*Carex–Menyanthes*	6	8.9	18 449	3 901	5 778	4 246	521
473–478	6.1	Sol minéral	—	90.5	6 320	10 532	25 773	560	533
Eau									
73	4.2	—	—	—	0.7	0.2	0.2	0.8	0.1

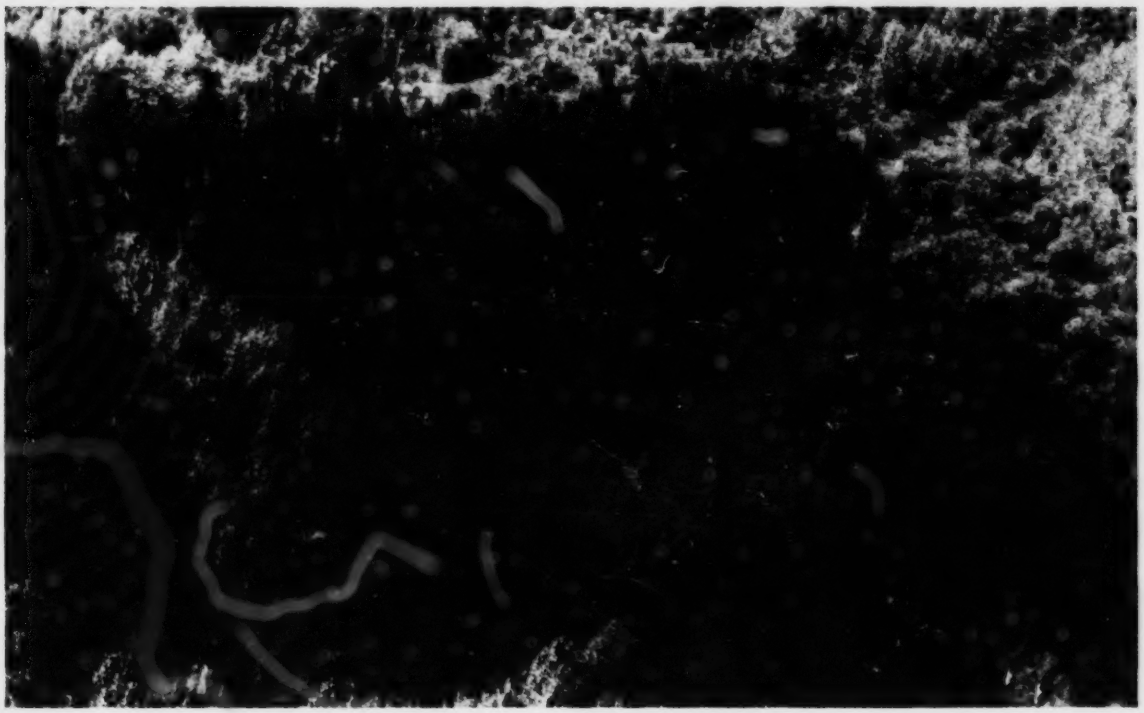


Figure 4–10.
Petit bog de bassin situé près de Lac La Biche en Alberta. L'épinette n'a pas réussi à se réimplanter dans la partie dénudée par le feu.

d'une terre humide boisée, peut-être un marécage à conifères. Ce terrain a été envahi par le bog pour redevenir ensuite l'actuel marécage à conifères.

Vers le centre du bassin, les épinettes noires s'espacent et raccourcissent, n'atteignant pas 5 m de hauteur. Il y a un couvert presque continu de *Chamaedaphne calyculata*, de *Ledum groenlandicum* et de *Kalmia polifolia* à l'étage arbustif. L'étage des herbacées éparses se compose de *Oxycoccus quadripetalus*, de *Smilacina trifolia* et d'*Eriophorum vaginatum*. *Sphagnum fuscum* prédomine dans la couverture muscinale presque ininterrompue qui comprend également *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum magellanicum*, *Pleurozium schreberi* et *Polytrichum strictum*.

On a prélevé une seconde carotte dans le bog de bassin associé : il y a 195 cm de tourbe au-dessus du sol minéral et la nappe phréatique se trouve à 61 cm. La strate tourbeuse est constituée de tourbe de *Sphagnum fuscum* (103 cm d'épaisseur) reposant sur une couche de tourbe ligneuse de *Sphagnum magellanicum* (103–160 cm). On trouve une strate de laîche– *Menyanthes* en brindilles immédiatement au-dessus du sol minéral (177–191 cm), qui repose sur une couche humique de 4 cm sus-jacente à un sol minéral d'argile limoneuse à 195 cm. Les analyses chimiques de la tourbe et de l'eau (tableau 4–9) indiquent que la tourbe superficielle et l'eau de la nappe phréatique sont pauvres en éléments nutritifs, mais que l'abondance de la plupart des éléments augmente avec la profondeur.

Les macrofossiles végétaux trouvés dans la séquence tourbeuse montrent que le terrain a été occupé d'abord par un fen arbustif, puis par un bog boisé, qui céda ensuite la place au bog boisé clairsemé. En observant le bog central et la bordure marécageuse de cette terre humide, on constate qu'il y a eu expansion périodique du marécage vers le centre et du bog vers la périphérie mais que le marécage n'a jamais atteint le secteur centrale de cette terre.

Les bogs de plateau tourbeux et les bogs à palse avec fens effondrés

Les bogs de plateau tourbeux sont des terres humides comportant des couches organiques pergélisolées qui prennent généralement l'aspect d'îlots boisés dominant d'environ 1 à 2 m les fens adjacents non gelés. Leur apparence varie de l'îlot isolé presque circulaire (figure 4–11) au réseau complexe de plateaux qui se fusionnent et où l'on ne trouve que de petits fens (figure 4–12). Les bogs de plateau tourbeux couvrent souvent plusieurs kilomètres carrés (Reid, 1974) et se présentent à divers stades de développement, allant de la jeunesse à la maturité et à la surmaturité ou la vieillesse (Zoltai, 1972). Combinés à une accumulation verticale de tourbe, le pergélisol et la glace, habituellement présents à la base de la tourbe et dans les matériaux sous-jacents, soulèvent les plateaux tourbeux. Les bogs de plateau tourbeux sont caractérisés par la variabilité des vitesses d'expansion, de

dégradation et de disparition du pergélisol, comme en témoignent les fens effondrés à l'intérieur ou à la périphérie de ces terres humides. La vitesse relative de formation et de dégradation varie avec la latitude. Les taux d'effondrement diminuent à mesure que baisse la température de l'air aux latitudes plus élevées. La surface surélevée du bog de plateau tourbeux isole effectivement ce dernier de la nappe phréatique locale du fen environnant. La surface relativement plane du plateau tourbeux présente cependant une micro-ondulation due à la différence des taux de croissance des diverses mousses qui s'y trouvent. La végétation caractéristique des bogs de plateau tourbeux est constituée d'un boisé de *Picea mariana*

Tableau 4–8. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant de la bordure d'un marécage à conifères, près de Pointe du Bois au Manitoba

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
0–2	4.8	Hypne	1	9.7	14 045	1 680	1 735	754	809
15–17	3.8	Hypne–bois	4	15.5	5 365	1 654	3 816	660	616
24–26	4.3	*Sphagnum fuscum*	3	3.1	5 871	1 552	1 741	707	537
38–40	4.4	*Sphagnum fuscum*	4	3.6	4 009	963	738	665	420
53–55	4.4	*Sphagnum fuscum*	5	4.6	5 603	1 026	1 576	634	335
68–73	4.4	*Sphagnum fuscum*	5	3.6	6 113	992	1 733	716	240
83–88	4.7	*Sphagnum fuscum*	5	4.1	9 288	1 592	2 728	689	197
98–103	4.7	*Carex*–brindilles	5	5.5	9 790	1 456	3 319	1 726	336
113–118	5.0	Bois–hypne	5	5.1	12 535	1 802	5 245	2 165	244
128–133	5.0	Bois–hypne	5	9.5	14 369	2 198	8 659	3 795	429
140–145	5.0	Bois–hypne	6	9.4	19 540	2 822	12 700	4 902	289
150–155	5.2	Bois–hypne	6	12.5	17 644	2 735	12 147	5 580	474
Eau									
Dépression (42 cm)	4.7	—	—	—	8.0	3.5	1.1	4.2	0.1
Nappe phréatique (66 cm)	4.4	—	—	—	4.0	1.6	0.8	1.5	0.2

Tableau 4–9. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant du centre d'un bog de bassin, près de Pointe du Bois au Manitoba

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
0–2	3.8	*Sphagnum fuscum*	1	3.0	3 649	1 079	429	764	825
15–17	4.1	*Sphagnum fuscum*	2	3.0	1 593	708	859	310	313
30–32	4.4	*Sphagnum fuscum*	2	3.5	1 694	732	1 059	310	263
48–50	4.6	*Sphagnum fuscum*	2	3.8	3 188	937	1 351	500	357
60–62	4.7	*Sphagnum fuscum*	2	9.0	4 890	1 272	2 516	655	462
75–80	4.7	*Sphagnum fuscum*	2	3.8	5 340	1 041	1 035	748	624
91–96	4.7	*Sphagnum fuscum*	5	10.6	6 780	1 014	1 278	699	413
105–110	4.8	*Sphagnum magellanicum*	5	5.9	10 579	1 478	1 850	924	506
120–125	5.3	*Sphagnum magellanicum*	6	7.4	14 832	2 120	3 214	1 088	401
135–140	5.3	*Sphagnum magellanicum*	5	10.7	17 655	2 490	5 131	1 108	358
150–155	5.3	*Sphagnum magellanicum*	5	7.8	19 966	2 726	7 030	1 464	265
165–170	5.3	*Sphagnum fuscum*	5	8.3	20 230	2 574	8 188	2 289	315
180–185	5.6	*Carex*–*Menyanthes*	5	10.1	19 354	2 550	8 952	2 914	456
197–202	6.2	Sol minéral	—	93.4	5 979	7 842	23 252	396	383
Eau									
61	4.4	—	—	—	3.8	1.6	0.8	1.5	0.2

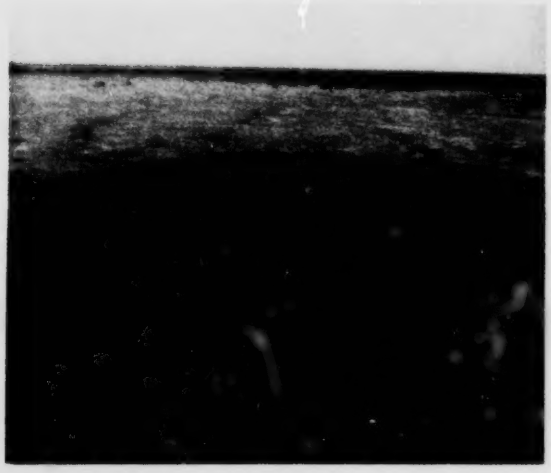


Figure 4–11.
Bog de plateau tourbeux boisé dans un grand fen près du lac Amisk en Saskatchewan.

Figure 4–12.
Photo aérienne d'un complexe de bogs de plateau tourbeux qui s'est développé entre un lac et un fen boisé, près du lac Playgreen au Manitoba. Des fens effondrés se trouvent dans les bogs de plateau tourbeux densément boisés. Les bogs de plateau tourbeux à la gauche de la petite baie se sont complètement effondrés comme en témoignent les traces circulaires dénuées d'arbres.

qui varie d'ouvert à dense et fermé, accompagné d'une couverture proéminente d'hypnes et de lichens, et d'un étage clairsemé d'arbustes de la famille des éricacées.

Les palses sont des monticules tourbeux de forme circulaire à allongée dont le centre est gelé. La hauteur des palses peut atteindre 4 m mais leur diamètre est inférieur à 100 m (Zoltai et Tarnocai, 1975). Ils se présentent sous forme d'îles ou de péninsules dans les fens mouillés non gelés et s'élèvent brusquement au-dessus du sol. Leur morphologie et leur origine sont semblables à celles des palses des régions de terres humides subarctiques traitées au chapitre 3, mais la végétation peut y être différente. Les palses constituent généralement une forme de bog, mais peuvent être considérées en de rares occasions comme une forme de fen.

Les palses et les bogs de plateau tourbeux se forment d'habitude dans la région de terres humides du Haut-Boréal au nord de l'isotherme de 0°C (température annuelle moyenne) (Zoltai, 1971; Dionne, 1984). En Norvège, les bogs à palse apparaissent là où la température annuelle moyenne est inférieure à une température de 0 à −1°C et où les précipitations annuelles moyennes n'atteignent pas 400 mm dont moins de 100 mm tombent l'hiver, de décembre à mars (Åhman, 1977). Les bogs à palse sont généralement dépourvus d'arbres dans l'est (Dionne, 1984) et, dans les montagnes (Seppälä, 1980; Brown, 1980), ils sont faiblement boisés dans le nord (Railton et Sparling, 1973), et densément boisés de *Picea mariana* dans le sud de la région de terres humides du Haut-Boréal (Zoltai et Tarnocai, 1971).

En général, l'épaisseur des dépôts de tourbe dans les bogs de plateau tourbeux dépasse 2 m, mais rarement 5 m. On y trouve d'habitude trois couches de tourbe (figure 4–13). La couche superficielle, d'environ 30 à 60 cm d'épaisseur, est formée de tourbe forestière modérément bien décomposée comportant de minces bandes de tourbe fibrique de *Sphagnum* moins décomposée. L'épaisseur de la couche intermédiaire, composée surtout de tourbe forestière mésique, de tourbe de laîche ou de tourbe de fen de laîche-mousse brune, varie de 1 à 2 m. La couche de base, se compose d'habitude de tourbe de fen ou de tourbe aquatique bien décomposée et repose sur un sol minéral. Le pergélisol n'est présent que dans la tourbe de la limite méridionale de la région de terres humides du Haut-Boréal (Zoltai, 1972), mais s'enfonce profondément à l'intérieur des sols minéraux plus au nord.

Les sols des bogs de plateau tourbeux boisés sont des cryosols organiques mésiques et des cryosols organiques fibriques. Les premiers sont dominants et renferment une tourbe forestière mésique composée de résidus d'arbres (aiguilles, branches et troncs), d'arbustes et d'hypnes. Les propriétés de la tourbe superficielle varient selon la couverture végétale. Dans les secteurs à couvert arborescent dense *Picea*–hypnes, la tourbe superficielle est bien décomposée et riche en éléments nutritifs. Dans les forêts plus ouvertes d'épinettes, le matériel superficiel est fibrique, composé de tourbe de *Sphagnum*, et comporte des sols (cryosols organiques fibriques) à faible teneur en éléments nutritifs. La couche superficielle repose généralement sur une tourbe de fen à teneur élevée en éléments nutritifs. L'épaisseur de la couche active (profondeur du dégel annuel) peut atteindre de 55 à 80 cm (Reid, 1974). La teneur en glace de la tourbe pergélisolée est à peu près équivalente à la teneur en eau de la tourbe non gelée. La teneur en glace augmente généralement jusqu'à 85–95 % par volume à proximité de l'interface avec le sol minéral. La teneur en glace du substrat minéral d'argile pergélisolé atteint un maximum immédiatement sous

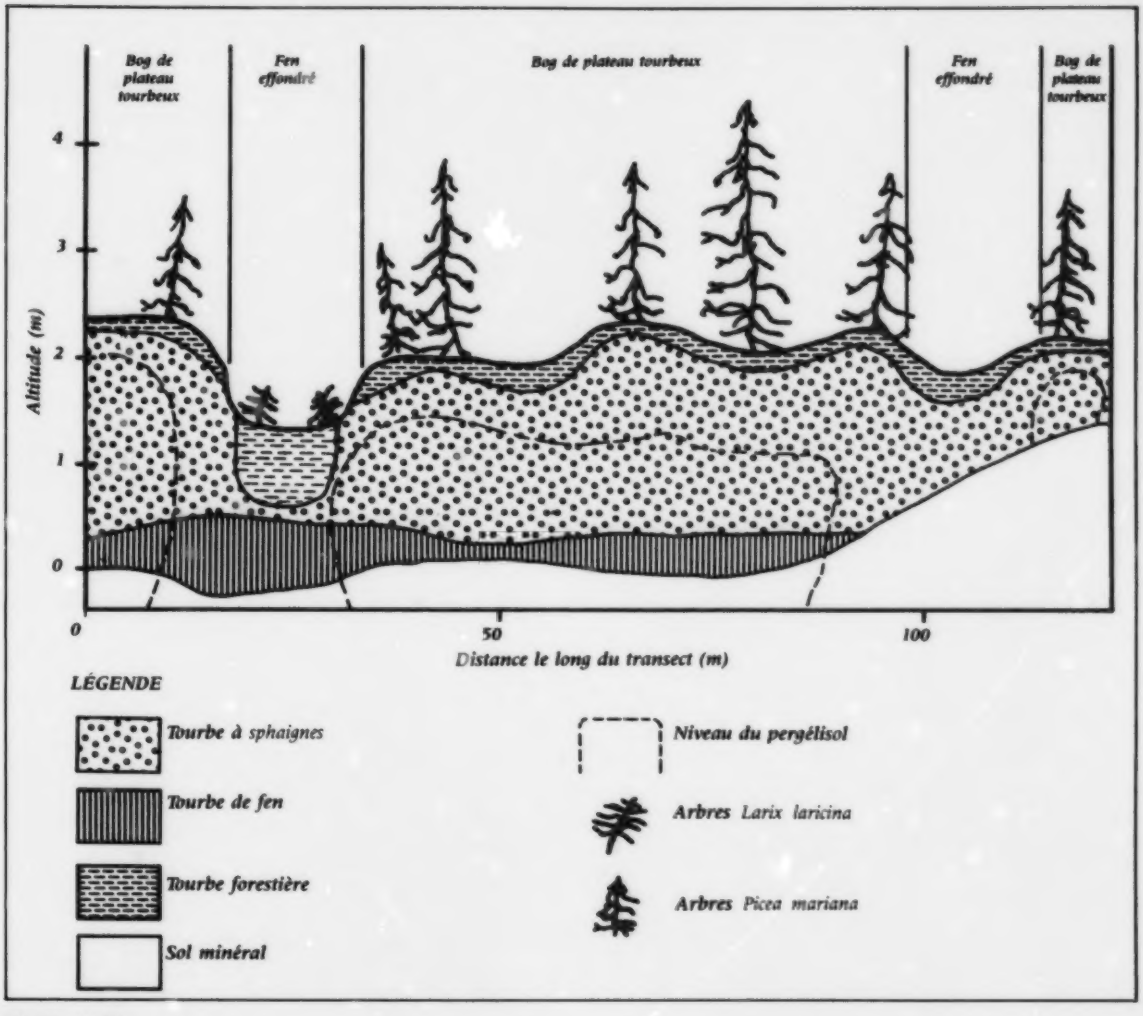


Figure 4–13.
Coupe transversale d'un complexe de bogs de plateau tourbeux présentant des fens effondrés près de Knee Lake au Manitoba.

l'interface avec les matériaux organiques, où des lentilles de glace isolées de 5 à 10 cm d'épaisseur sont communes. Ces dernières sont plus abondantes dans les sols minéraux limoneux (Zoltai, 1972).

La végétation de cette forme de terre humide varie plutôt par la densité et l'abondance que par la composition. Les bogs de plateau tourbeux et à palse boisés près de la limite méridionale de leur aire de distribution dans les parties centrales des régions boréales de terres humides sont caractérisés par des forêts denses de *Picea mariana* dont la productivité est faible. À l'occasion, *Betula papyrifera* colonise les bogs de plateau tourbeux après un incendie de forêt. Vers la limite nordique de la région du Haut-Boréal, où les tourbières sont gelées, le couvert de *Picea* est plus clair et rabougri. L'étage arbustif est composé principalement de *Ledum groenlandicum* avec quelques spécimens de *Chamaedaphne calyculata, Kalmia polifolia, Rubus chamaemorus,* et *Picea mariana* de taille arbustive. *Salix* spp. peut former des touffes localisées. D'autres espèces arbustives et herbacées, qui s'y trouvent d'habitude sont *Vaccinium vitis-idaea, Eriophorum* spp. et *Carex* spp. L'étage arbustif s'éclaircit ou disparaît dans les secteurs plus densément boisés des bogs de plateau tourbeux. Au sol, la couverture vivante est composée d'hypnes comme *Pleurozium schreberi* et *Hylocomium splendens,* ainsi que de coussins et de thufurs de mousse de *Sphagnum*. Les lichens (surtout *Cladina* spp.) forment des îlots sur les buttes locales plus sèches.

D'après les sections de tourbe prélevées partout dans les bogs de plateau tourbeux boisés, il semble y avoir eu trois grandes séquences d'évolution. La tourbe commence à se déposer dans des étangs peu profonds ou des bassins tourbeux mal drainés où la nappe phréatique est toujours à la surface. Les couches organiques de base au-dessus du sous-sol minéral peuvent se composer de tourbe aquatique (détritus organiques d'algues, d'éponges, de marne ou de gastéropodes), ou d'un mélange tourbeux de mousse laîche brune avec ou sans résidus ligneux

d'arbustes. Ces couches tourbeuses sont recouvertes soit de tourbe de *Sphagnum* qui indique une transition vers un bog quelque peu surélevé, soit de tourbe forestière ligneuse qui indique une élévation suffisante de la surface au-dessus de la nappe phréatique pour permettre la colonisation par les arbres. Une troisième séquence, en général peu étendue, est constituée d'épais dépôts tourbeux de *Sphagnum* accumulés sur sur une couche de tourbe aquatique ou de mousse–laîche. Le degré d'accumulation de tourbe de *Sphagnum* indique un changement marqué dans la végétation, qui entraîne la formation d'une couche isolante de tourbe et la croissance d'arbres. Ces terrains légèrement surélevés sont caractérisés par un enneigement réduit en hiver et un isolement accru en été, qui permet au gel de persister en été et de former du pergélisol. Une fois le processus amorcé, le pergélisol se forme rapidement car la partie gelée est élevée encore plus par l'expansion causée par le gel de l'eau dans la tourbe. De petits bogs de plateau tourbeux et à palse s'étendent horizontalement de cette façon et, souvent, se fusionnent pour former de vastes complexes de grands bogs de plateau tourbeux et à palse.

On croit que les bogs de plateau tourbeux et à palse sont des variations morphologiques du même processus (Brown, 1970). Le rapport périmètre– superficie dans les bogs à palse est beaucoup plus élevé que dans les bogs de plateau tourbeux. En conséquence, une plus grande proportion du bog à palse est en contact avec des fens mouillés. L'eau s'infiltre dans la tourbe gelée à cause de l'existence d'un gradient de température surtout le long de l'interface entre le sol minéral et la tourbe (Hoekstra, 1966) et s'accumule sous forme de glace. Ce phénomène est particulièrement prononcé lorsque le sol minéral repose sur du limon (Zoltai, 1972). Les diverses vitesses d'accumulation de la glace sont à l'origine des différences morphologiques dans les bogs de plateau tourbeux et à palse.

Le caractère morphologique des bogs de plateau tourbeux ou à palse boisés varie selon le climat et l'âge du terrain formé. Les terrains organiques pergélisolés ont une nature cyclique comportant des stades de jeunesse, de maturation, de surmaturation et d'effondrement (Brown, 1970; Zoltai, 1972). Au cours du stade de jeunesse, l'effondrement est minimal, mais en période de maturité et de surmaturité les bogs de plateau tourbeux ou à palse s'affaissent plus rapidement ou le pergélisol du bog de plateau se dégèle à l'intérieur et à la périphérie du bog. L'effondrement des bogs de plateau tourbeux est plus courant pres de la limite méridionale de leur aire de distribution que dans le nord.

Des cicatrices d'affaissement apparaissent lorsque la glace contenue dans la tourbe ou dans les veines fond, provoquant l'effondrement du bog de plateau tourbeux ou à palse jusqu'au niveau de la nappe phréatique du fen environnant. Cet effondrement peut être amorcé par la destruction des propriétés isolantes de la tourbe superficielle par un incendie (Thie, 1974), par le déracinement de grands arbres par le vent, par une élévation du niveau de l'eau ou par des activités anthropiques. Les traces d'affaissement ont habituellement une forme circulaire (figure 4–14), mais plusieurs traces peuvent se fusionner pour former une chaîne d'anneaux. On trouve d'habitude des arbres morts partiellement submergés dans le fen. Quand la trace d'affaissement est reliée au fen adjacent, des laîches et, plus tard, des arbustes s'y implantent pour créer un *fen effondré*. Des tapis de *Sphagnum riparium*, presque entièrement submergés dans l'eau, sont caractéristiques de la bordure en cours d'effondrement du bog de plateau tourbeux. Quand la cicatrice d'affaissement est complètement entourée d'un bog de plateau tourbeux intact, elle est isolée du fen et la présence d'espèces particulières aux bogs comme *Sphagnum magellanicum* et *Eriophorum chamissonis* crée un *bog effondré*. Dans certains cas, on trouve dans la cicatrice d'affaissement de petits îlots de pergélisol qui indiquent un retour du cycle de bog de plateau tourbeux–bog effondré au cours d'une certaine période.

L'épaisseur de la tourbe dans les fens effondrés est généralement équivalente ou légèrement supérieure à celle de la tourbe gelée dans les bogs de plateau tourbeux environnants (Reid et Morrow, 1974). La stratigraphie de la tourbe reflète les conditions locales qui prévalaient lors du dégel d'une partie du bog de plateau tourbeux. Quand il y a eu un simple enfoncement, la surface du plateau tourbeux a été recouverte d'eau et de la tourbe de fen s'est déposée sur la surface submergée. Quand le dégel a produit des talus tourbeux escarpés, des blocs de tourbe peuvent tomber dans la cicatrice d'affaissement, entraînant un mélange des matériaux du plateau tourbeux avec la tourbe de fen accumulée par après.

Un bog de plateau tourbeux boisé près du lac Kississing au Manitoba (54°58′ N, 101°28′ O) a été examiné en détail. Ce bog occupe une petite partie

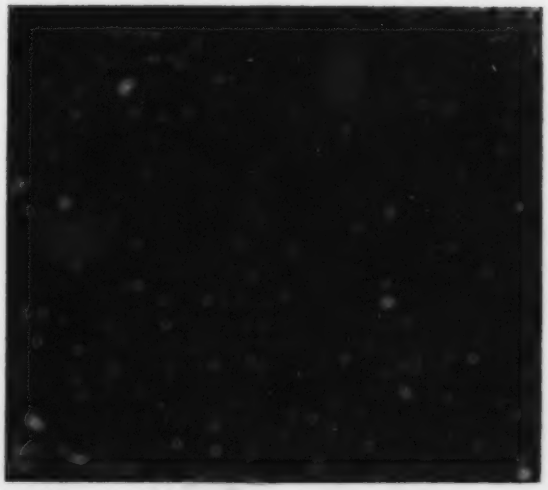


Figure 4–14.
Une configuration de traces d'effondrement avec des arbres vivants ou morts au centre. Près de Wabowden au Manitoba.

d'un grand fen boisé. Un court transect a été établi à partir du bog jusqu'à un fen effondré voisin, et on en a consigné les caractéristiques végétales et topographiques.

Picea mariana couvre environ 30 % de la surface du bog de plateau tourbeux, formant des peuplements denses, parsemés toutefois de clairières étendues. Les arbres ont tous 10 m de hauteur. *Ledum groenlandicum* et *Vaccinium myrtilloides* croissent dans les clairières. L'étage des herbacées se compose de *Vaccinium vitis-idaea*, d'*Oxycoccus quadripetalus* et de *Lycopodium annotinum*, par ordre décroissant d'abondance. Sous le dense couvert d'épinettes noires, *Pleurozium schreberi* et *Hylocomium splendens* forment un tapis continu. Dans les clairières, *Sphagnum nemoreum* et *Sphagnum fuscum* couvrent environ 30 % de la surface du sol. Les lichens couvrent environ 10 % de la superficie, surtout dans les clairières, et consistent principalement de *Cladina mitis* et de *Cladonia cornuta*.

On a carotté et échantillonné la tourbe de ce bog de plateau tourbeux. L'épaisseur de la tourbe atteint 199 cm; le plafond du pergélisol se trouve à 26 cm à la mi-juillet. La séquence tourbeuse montre que les 46 cm supérieurs sont constitués de tourbe forestière ligneuse contenant des résidus de *Ledum groenlandicum*, *Pleurozium schreberi* et *Picea mariana*. La couche sous-jacente, de nature ligneuse (46–82 cm) avec des cônes et des aiguilles de *Larix*, repose sur une couche mixte de résidus tourbeux de *Carex–Menyanthes* avec des brindilles. La couche suivante est formée de tourbe de *Carex–Drepanocladus* (129–158 cm) contenant une certaine quantité de petites brindilles. Enfin, la couche de base se compose de tourbe humifiée de *Carex* (158–199 cm).

Les éléments nutritifs sont rares dans les 10 cm supérieurs de matériaux fibriques superficiels, mais la plupart d'entre eux abondent dans la majeure partie de la tourbe forestière (tableau 4–10) ainsi que dans la tourbe de fen sous-jacente. Ce phénomène indique que, quoique les mousses vivantes tirent la plupart des éléments nutritifs dont elles ont besoin de la pluie, les arbres sont enracinés dans une tourbe forestière bien décomposée et riche en éléments nutritifs plus typique des marécages à conifères que des bogs ombrotrophes.

Un petit fen effondré (d'environ 15 m de diamètre) se trouve à moins de 5 m du site de carottage sur le bog de plateau tourbeux. La cicatrice d'affaissement se situe presque entièrement à l'intérieur du bog, il se rattache à la masse principale du fen que par un chenal d'un mètre de large. La végétation vasculaire dominante comprend *Calla palustris*, *Carex canescens* et *Calamagrostis canadensis*. *Drepanocladus fluitans*, *Drepanocladus aduncus* et *Calliergon cordifolium* sont les principales mousses et couvrent environ 50 % de la surface. On trouve également quelques bandes de *Sphagnum squarrosum*, *Sphagnum angustifolium* et *Sphagnum teres*.

Une carotte prélevée dans le fen effondré montre que l'épaisseur de la tourbe atteint 184 cm. Selon la séquence de la tourbe, la couche superficielle (0–13 cm) se compose de la tourbe de *Drepanocladus–Carex*. La couche sous-jacente est de la tourbe ligneuse (13–87 cm) formée de bois et d'aiguilles de *Picea* ainsi que de quelques spécimens bien préservés de *Lycopodium annotinum*. En-deça, de 87 à 102 cm, il y a une autre couche ligneuse avec des brindilles et des aiguilles de *Larix*, qui repose sur une couche basale de tourbe de *Carex–Drepanocladus* (151–190 cm). Les analyses chimiques (tableau 4–11) montrent que les éléments nutritifs abondent partout dans le profil tourbeux.

L'analyse des macrofossiles de la tourbe indique que le bog de plateau tourbeux et le fen effondré

Tableau 4–10. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe provenant d'un bog de plateau tourbeux, près du lac Kississing au Manitoba

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
0–3	4.7	*Pleurozium schreberi*	1	12.9	6 354	1 755	2 756	930	1 130
7–10	4.7	*Pleurozium schreberi–Ledum*	2	5.7	2 960	755	1 566	789	937
16–20	4.7	*Pleurozium schreberi–Ledum*	8	9.4	18 453	752	6 178	1 968	932
23–26*	5.2	Bois	8	11.9	31 073	1 345	10 746	2 766	1 432
56–60	5.1	Bois–*Larix*	8	10.2	27 936	3 050	5 750	3 179	490
70–80	5.1	Bois–*Larix*	6	9.6	26 931	2 959	5 359	3 116	412
85–95	5.1	*Carex*–brindilles	6	9.0	26 653	2 887	5 196	3 319	300
100–110	5.3	*Carex*–brindilles	6	6.7	18 543	2 075	4 194	3 442	426
115–125	5.3	*Carex*–brindilles	6	6.2	15 254	1 629	3 655	3 664	383
135–145	5.3	*Carex–Drepanocladus*	6	8.9	16 406	1 746	3 855	4 901	491
145–155	5.3	*Carex–Drepanocladus*	6	15.7	14 244	2 000	4 603	5 629	578
160–170	5.4	*Carex*	9	26.3	12 562	2 884	7 242	5 906	500
175–184	5.6	*Carex*	9	32.8	12 018	3 747	9 719	6 326	483
190–199	5.6	*Carex*	9	31.9	12 493	3 742	10 219	6 330	505
199–210	5.6	Sol minéral–humus	—	59.3	7 677	6 135	19 290	6 458	433

**La surface du gel est située à une profondeur de 26 cm.*

Tableau 4–11. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant d'un fen effondré d'un bog de plateau tourbeux, près du lac Kississing au Manitoba

Profondeur de l'échantillon (cm)	pH	Matière	Décomposition (von Post)	Teneur en cendres (%)	Éléments totaux (mg/kg)				
					Ca	Mg	Fe	S	P
Tourbe									
0–5	5.9	*Drepanocladus–Carex*	1	17.3	14 667	3 567	16 836	2 769	4 379
10–13	6.0	*Carex–Drepanocladus*	5	14.3	10 762	1 802	7 032	2 708	1 418
26–30	6.0	Bois de *Picea–Lycopodium annotinum*	8	14.1	24 083	1 648	17 014	3 299	1 484
35–75	—	Eau	—	—	—	—	—	—	—
70–75	6.0	Bois de *Picea*	6	11.1	29 092	1 792	8 778	3 628	871
91–96	6.1	Bois–*Larix*	6	10.5	28 256	1 908	8 282	3 584	822
106–111	6.2	*Carex*–brindilles	6	10.4	29 112	2 948	5 862	3 241	608
122–127	6.4	*Carex*–brindilles	6	8.0	22 028	2 824	5 465	3 011	405
140–145	6.3	*Carex*–brindilles	6	8.8	19 561	2 408	5 421	4 556	526
155–160	6.5	*Carex–Drepanocladus*	8	25.4	13 837	3 159	7 167	6 115	508
169–174	6.5	*Carex–Drepanocladus*	8	46.1	9 878	5 015	16 412	7 503	417
184–190	6.3	Sol minéral	—	98.1	3 215	9 547	22 332	254	511
Eau									
5	6.0	—	—	—	22.0	6.3	0.2	5.2	3.1

étaient initialement une prairie humide qui s'est transformée en fen arbustif colonisé par la suite par le mélèze laricin. Une forêt dense de *Picea* s'est implantée dans une partie de ce fen boisé, coïncidant avec le développement du pergélisol. La tourbe gelée, qui s'est soulevée au-dessus du fen, a formé le bog de plateau tourbeux. Une partie de ce bog a dégelé par la suite, créant une cicatrice d'affaissement dans laquelle un fen s'est établi.

Les fens horizontaux

Ces terres humides minérotrophes ont une surface généralement plane, sans accidents de terrain, qui s'incline doucement dans la direction de l'évacuation des eaux. Elles sont d'habitude uniformément recouvertes d'une végétation composée d'espèces herbacées, arbustives et arborescentes caractéristiques des terrains riches en éléments nutritifs alimentés par des eaux minérotrophes provenant de sols minéraux et des sources de rivières. Les fens horizontaux représentent une forme relativement sèche de fen (Reid et Morrow, 1974). Les dépôts tourbeux sous-jacents sont modérément à bien décomposés et leur épaisseur varie de quelques centimètres à plus de 3 m en moyenne.

À cause du relief plat des terrains environnants, il est difficile de déterminer les limites exactes des fens horizontaux. La structure et la composition des forêts des bas plateaux se transforment graduellement en fonction de la dégradation du drainage, jusqu'à ce que les espèces propres aux fens dominent. L'apparition d'un fen est indiquée par une forêt ouverte dans laquelle l'essence *Larix laricina* domine (figure 4–15) (Sims *et al.*, 1982). La végétation de certains secteurs du fen peut être dominée par des arbustes, d'habitude *Betula pumila*. *Rhamnus alnifolia* est une espèce arbustive commune à l'est du Manitoba. Des espèces herbacées comme *Scirpus caespitosus*, *Scirpus hudsonianus* et *Equisetum fluviatile* sont des composantes des fens horizontaux boisés ou arbustifs. Des mousses, comme *Sphagnum teres*, *Sphagnum warnstorfii* et *Sphagnum fallax* se trouvent sur les buttes de faible hauteur ou dans les tapis mouillés.

Dans les secteurs plus mouillés de ce genre de fen il y a d'autres espèces arbustives comme *Myrica gale*, *Carex exilis*, *Carex lasiocarpa*, *Scirpus caespitosus*, *Eriophorum viridicarinatum*, *Habenaria dilatata* et *Menyanthes trifoliata*. Des mousses comme *Campylium stellatum*, *Drepanocladus revolvens* et *Scorpidium scorpioides* sont très répandues dans les fens particulièrement riches.

Les fens horizontaux comprennent souvent des parties un peu plus sèches ou un peu plus mouillées; ce qui leur donne une configuration à bandes sombres et claires visible des airs ou sur les photographies aériennes. Ces bandes sont larges, sans limites précises et s'allongent dans la direction de l'évacuation des eaux. Dans certaines zones, comme le sud de la région de la baie James, *Larix laricina* et *Sphagnum warnstorfii* dominent de vastes étendues de fens horizontaux où l'on trouve toutefois de petits "îlots" allongés d'épinettes noires (Grondin et Ouzilleau, 1980).

Les 30 à 60 cm superficiels de tourbe sont d'habitude fibreux et mal décomposés et consistent en des masses de mousses et de racines (Mills *et al.*, 1977). La couche sous-jacente est composée de tourbe modérément à bien décomposée, qui renferme en général des éclats de bois d'arbres et d'arbustes. Les dépots tourbeux de base sont bien humifiés. Selon les données d'observation, l'épaisseur de la tourbe dans les fens horizontaux du sud-est du Manitoba varie de 185 à 270 cm (Mills *et al.*, 1977).

Figure 4–15.
Une partie d'un grand fen horizontal à mélèzes laricins. Près du lac Emmeline en Saskatchewan.

Les fens horizontaux sont courants partout à l'intérieur des régions de terres humides boréales où le relief est peu élevé, comme dans les basses terres de la baie d'Hudson et de la baie James, ainsi que dans le nord du Manitoba et de l'Alberta.

Un fen horizontal boisé près de la rivière de la Paix en Alberta 56°10′ N, 116°58′ O) a été examiné de plus près. Le fen occupe environ 1 100 ha dans une vaste zone plate à l'intérieur du bassin d'un ancien lac d'origine glaciaire. Comme cette terre humide est située près d'une ligne locale de partage des eaux, toute l'eau qu'elle reçoit provient des bas plateaux adjacents.

On a observé la végétation à environ 1 500 m de la bordure du fen; un court transect ayant été établi afin d'examiner des sections boisées et arbustives. Le fen boisé est couvert, dans une proportion de 15 %, par des spécimens peu élevés (10 m) de *Larix laricina*, avec çà et là quelques *Picea mariana*. L'étage arbustif recouvre complètement le sol; les espèces dominantes sont *Betula pumila*, *Myrica gale* et *Salix candida* avec du *Ledum groenlandicum* sur les buttes de faible hauteur. La couverture herbacée, qui est d'environ 50 %, se compose surtout de *Carex disperma*, *Carex paupercula*, *Carex tenuiflora* et *Carex aquatilis*. Un couvert muscinal presque ininterrompu comprend *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum warnstorfii* et *Sphagnum fuscum*, accompagnés d'une distribution égale de *Tomenthypnum nitens* et d'*Aulacomnium palustre*.

La section arbustive de cette terre humide est dominée par *Betula pumila*, *Myrica gale* et *Ledum groenlandicum*, par ordre décroissant d'importance. La couverture herbacée éparse se compose d'*Oxycoccus quadripetalus*, *Smilacina trifolia* et *Carex aquatilis*. L'étage muscinal est presque continu et ses principaux représentants sont *Sphagnum angustifolium*, *Sphagnum warnstorfii*, *Sphagnum fuscum* et *Aulacomnium palustre*.

Une carotte de tourbe a été prélevée dans la section boisée de ce fen horizontal. La tourbe a 140 cm d'épaisseur et la nappe phréatique se situe à 17 cm. La carotte montre que les 25 cm superficiels se composent de tourbe de *Sphagnum* ligneuse et de masses de racines, ce qui est caractéristique de la tourbe forestière. La couche sous-jacente est une tourbe de fen composée de *Carex* spp., de *Drepanocladus* spp. et de brindilles, ainsi que de petites quantités de cônes et d'aiguilles de *Larix* et de *Picea* (25–119 cm). En-deça, il y a une couche tourbeuse riche en fragments de bois de *Salix*, et finalement une couche basale bien décomposée qui repose sur un sol minéral.

Les analyses chimiques (tableau 4–12) indiquent que les éléments nutritifs, particulièrement Ca et S,

Tableau 4–12. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant d'un fen horizontal, près de Peace River en Alberta

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
0–3	4.7	*Sphagnum angustifolium*	1	14.3	9 927	5 954	2 727	1 814	1 508
12–15	5.0	*Sphagnum*–bois	5	10.8	24 871	7 304	1 598	4 539	1 546
20–23	5.0	*Sphagnum*–bois	4	9.5	28 605	6 285	1 076	8 203	972
31–34	5.2	*Drepanocladus*–*Carex*–brindilles	3	8.2	24 967	5 209	631	10 838	689
40–45	5.4	*Carex*–brindilles	5	10.0	29 857	5 271	1 036	14 084	650
56–61	5.4	*Drepanocladus*–*Carex*–brindilles	5	9.6	29 434	5 525	991	15 430	740
71–76	5.4	*Drepanocladus*–*Carex*–brindilles	5	8.2	22 932	4 748	990	13 431	618
87–92	5.7	*Drepanocladus*–*Carex*–brindilles	6	11.1	28 933	5 623	2 477	20 805	688
110–115	6.1	*Drepanocladus*–*Carex*–brindilles	6	15.1	35 602	5 711	7 657	22 936	700
122–127	6.0	Bois de *Salix*	6	18.5	36 984	5 965	13 702	27 998	478
136–140	6.1	Inconnue	10	49.2	27 193	4 477	14 874	13 354	681
142–147	6.2	Sol minéral	—	88.9	9 307	4 204	15 184	3 767	959
Eau									
17	5.4	—	—	—	18.5	12.9	0.1	6.6	0.2

sont abondants dans toute la tourbe. Les teneurs élevées en S, surtout dans la partie inférieure des profils tourbeux, sont courantes en Alberta et pourraient découler de la minéralogie des sols minéraux sous-jacents qui proviennent principalement de schistes.

Dans la séquence des dépôts, les macrofossiles de tourbe montrent que cette terre humide était d'abord une prairie herbeuse qui s'est transformée plus tard en un marécage arbustif boisé, puis en un fen arbustif abritant quelques conifères épars qui s'est maintenu pendant une période prolongée. Au cours de stades plus récents, la composante arborescente s'est accrue, amenant la formation du fen horizontal boisé actuel.

Les fens de bassin

Les fens de bassin sont des terres humides minérotrophes qui reçoivent des eaux riches en éléments nutritifs des terres environnantes, mais qui ne font pas partie d'un grand réseau hydrographique régional. Les eaux qui pénètrent un fen de bassin sont donc d'origine locale, sauf lorsqu'il y a possibilité d'un enrichissement par des sources lointaines. Les caractéristiques chimiques des fens de bassin sont souvent très différentes de celles des fens voisins qui reçoivent leurs eaux du réseau hydrographique régional. La surface d'un fen de bassin est d'habitude plane ou légèrement concave, et l'épaisseur de la tourbe sous- jacente, de modérément à bien décomposée, varie de 1 m à plus de 6 m. Les fens de bassins sont très répandus dans les secteurs des régions de terres humides boréales où la topographie permet la formation de bassins isolés et mal drainés, alimentés par des eaux minérotrophes.

Les limites des fens de bassin sont généralement bien définies par la topographie du terrain environnant. Selon la qualité et la quantité de l'eau qui pénètre dans le fen à partir des pentes voisines, il peut exister une étroite bordure marécageuse où croissent *Scirpus* spp. ou *Typha* spp. Dans certaines régions, la bordure peut consister en un marécage arbustif abritant *Salix* spp. et *Calamagrostis canadensis*. La végétation de ces fens varie selon la teneur en éléments nutritifs des eaux qui les alimentent. Cependant, les teneurs en éléments nutritifs sont généralement moyennes. Il peut y avoir du *Larix laricina*, d'habitude accompagné d'arbustes de l'espèce *Betula pumila*, qui peuvent recouvrir de grandes étendues du fen. L'étage des herbacées se compose de laîches comme *Carex aquatilis* et *Carex lasiocarpa*. Les mousses, dont *Drepanocladus exannulatus*, *Drepanocladus revolvens*, *Campylium stellatum*, *Calliergon giganteum* et *Calliergon richardsonii*, sont répandues. Dans les secteurs boisés, il peut y avoir de lâches coussins de *Sphagnum angustifolium*. Dans les parties plus mouillées des fens de bassin, les laîches et les bryophytes deviennent dominantes.

Les 25 à 50 cm superficiels de tourbe dans ces terres humides sont de nature fibreuse et composés d'un enchevêtrement de racines de laîches et de mousses. À une plus grande profondeur, la tourbe est modérément décomposée et repose d'habitude sur une couche basale humifiée. Dans de nombreux fens de bassin cependant, la tourbe recouvre un type quelconque de sédiment lacustre, comme de la tourbe sédimentaire, de la marne ou une matière minérale, qui montre que le remplissage des étangs est à l'origine des fens de bassin.

On a étudié un petit fen de bassin (d'environ 1 500 ha) près du lac Jan en Saskatchewan (54°53′ N, 102°46′ O). Le bassin a été formé par des crêtes de roche précambrienne recouvertes d'une mince couche de moraine glaciaire sablonneuse. Bien que cette région se trouve dans l'ancien bassin du lac glaciaire Agassiz, on n'a observé aucun sédiment glacio-lacustre dans la région. Le bassin est présentement occupé par un fen de bassin boisé avec, au centre, un petit étang.

Le fen comporte une couverture arborescente éparse (10 % de la surface) composée de spécimens de faible hauteur (jusqu'à 6.5 m) de *Larix laricina* et de quelques *Picea mariana* éparpillés. Le couvert arbustif, qui est de l'ordre de 35 %, se compose presque exclusivement de *Betula pumila*. Dans l'étage arbustif inférieur, qui couvre environ 40 % de la surface, *Chamaedaphne calyculata* et *Andromeda polifolia* sont dominants, mais on trouve aussi une certaine quantité de *Salix pedicellaris* et de *Ledum groenlandicum*. L'étage herbacé épars est représenté par *Smilacina trifolia*, *Carex chordorrhiza* et *Carex aquatilis*. Les mousses couvrent 80 % de la surface; il s'agit de *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum warnstorfii*, *Sphagnum angustifolium*, *Tomenthypnum falcifolium* et *Aulacomnium palustre*, par ordre décroissant de dominance.

La tourbe de ce fen de bassin boisé a été étudiée à un point situé à 500 m environ de la bordure, en allant vers le centre. La profondeur de la tourbe est de 291 cm et la nappe phréatique se situe à 20 cm. La tourbe repose sur une strate tourbeuse aquatique de détritus de 152 cm d'épaisseur, ce qui donne une épaisseur totale de tourbe de 443 cm au-dessus du sol minéral. La séquence tourbeuse montre que la couche superficielle (0–23 cm) est constituée d'une tourbe fibreuse déposée dans un fen boisé reposant sur des matériaux décomposés de la même composition (23–127 cm). En-déça, la teneur en brindilles d'arbustes augmente mais il y a encore des aiguilles de *Larix* (127–279 cm). On trouve ensuite une mince couche de tourbe minérotrophe exempte de toutes brindilles (279–291 cm), reposant sur une tourbe aquatique de détritus, qui s'étend jusqu'au sol minéral (291–443 cm).

Les analyses chimiques de cette tourbe (tableau 4–13) montrent que toute la section principale de la tourbe est modérément riche en éléments nutritifs, mais qu'il y en a peu dans l'eau au niveau de la nappe phréatique ou dans la tourbe superficielle. La teneur en soufre augmente avec la profondeur, bien que le sol sous-jacent n'en contient que de petites quantités. Ce phénomène indique que le soufre afflue vers la tourbe qui le retient.

Tableau 4–13. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant d'un fen de bassin, près de Jan Lake en Saskatchewan

Profondeur de l'échantillon (cm)	pH	Matière	Décomposition (von Post)	Teneur en cendres (%)	Éléments totaux (mg/kg)				
					Ca	Mg	Fe	S	P
Tourbe									
0–3	3.8	*Sphagnum angustifolium–Tomenthypnum falcifolium–Larix*	1	6.4	7 796	2 067	1 154	914	789
15–18	5.1	*Sphagnum angustifolium–Tomenthypnum falcifolium–Larix*	2	6.3	10 045	2 714	2 172	707	449
25–28	5.0	*Sphagnum angustifolium–Tomenthypnum falcifolium–Larix*	4	11.1	15 256	2 966	11 084	1 372	795
40–43	5.0	*Carex–*brindilles*–Larix*	4	10.9	13 892	2 723	4 084	2 695	1 166
53–56	5.0	*Carex–*brindilles*–Larix*	4	6.2	14 757	2 799	1 894	1 725	636
88–93	5.3	*Carex–*brindilles*–Larix*	4	7.2	16 199	2 298	2 570	1 825	746
105–110	5.3	*Sphagnum–Larix*	5	7.3	18 280	2 313	1 976	1 949	562
135–140	5.3	*Sphagnum–Larix*	6	8.0	20 674	2 473	1 974	2 108	492
165–170	5.4	*Carex–Larix*	6	7.1	19 835	2 347	1 651	1 789	382
195–200	5.4	Brindilles*–Larix*	6	7.3	21 575	2 366	1 720	2 114	380
225–230	5.4	*Carex–Menyanthes trifoliata–Larix*	6	5.8	14 122	1 667	1 418	1 993	440
270–275	5.9	*Carex–Menyanthes trifoliata–Larix*	6	5.9	12 529	1 475	1 528	1 915	472
300–305	6.2	Détritus	—	21.5	12 272	1 968	3 729	3 210	471
330–335	6.5	Détritus	—	28.0	13 642	2 713	6 029	4 576	435
360–365	6.8	Détritus	—	29.5	14 095	2 911	7 857	6 763	416
390–395	6.8	Détritus	—	39.2	13 076	4 508	16 062	10 042	528
435–440	7.1	Détritus	—	84.4	25 434	12 402	31 174	5 171	392
455–460	7.1	Sol minéral	—	98.2	6 919	13 764	26 208	402	428
Eau									
20	5.0	—	—	—	3.7	1.7	1.1	0.9	0.1

L'étude des macrofossiles révèle une évolution relativement simple. Il y eut d'abord un étang où se sont déposés des détritus organiques, puis, pendant une brève période, un fen ouvert, peut-être sous forme de tapis flottant. Ce fen a été rapidement colonisé par des arbustes et des mélèzes laricins, qui se sont maintenus jusqu'à l'époque actuelle, ne variant que légèrement.

Les fens sourceux

Les fens sourceux sont des terres humides minérotrophes alimentées surtout par des sources qui s'écoulent à la surface. La surface d'un fen sourceux est légèrement inclinée, bien qu'on puisse y trouver une série de mares endiguées par des crêtes tourbeuses (figure 4–16). Les fens sourceux peuvent être situés immédiatement sous les secteurs d'alimentation des bas plateaux ou à plusieurs dizaines de kilomètres des bas plateaux associés, selon l'hydrologie des formations aquifères. Typiquement longs et étroits, les fens sourceux se développent à partir d'une source ponctuelle. De petites "îles" peuvent y apparaître à certains endroits là où le fen reçoit moins d'eau de source et, par conséquent, est colonisé par une végétation moins minérotrophe comportant des arbres et des arbustes. Alors, ces terres humides généralement dominées par les laîches sont parsemées d'îles boisées. Les fens tourbeux peuvent être extrêmement minérotrophes si les eaux de source contiennent de grandes quantités de minéraux dissous; on peut alors y observer des dépôts de marne. Les sources salines se caractérisent par l'absence de végétation dans les environs immédiats.

Les fens sourceux abritent typiquement des peuplements assez ouverts de laîches (*Carex lasiocarpa, Carex interior, Carex limosa*), de *Scirpus caespitosus* et d'*Eleocharis quinqueflora*. Les mousses, qui couvrent environ 50 % de la surface, comprennent habituellement *Scorpidium scorpioides, Drepanocladus revolvens* et *Campylium stellatum*.

Les 50 premiers centimètres de tourbe superficielle des fens sourceux sont d'habitude fibreux, formés d'un tapis résistant de racines et de mousses. De la marne se dépose souvent dans des petites mares. À de plus grandes profondeurs, la tourbe est plus décomposée, mais elle peut alterner avec des couches de marne. L'épaisseur de la tourbe varie entre 1 et 2.5 m.

On a étudié un fen sourceux situé près de Spruce Grove en Alberta (53°34' N, 113°50' O), connu localement sous le nom de "Wagner Bog". Cette terre humide s'est formée sur la pente inférieure d'un bas plateau légèrement onduleux. Les points d'évacuation des sources sont occupés par des mares peu profondes remplies de marne; des fens de laîches

étroits s'étendent à partir des sources vers le bas de la pente. Ces fens étroits traversent des marécages densément peuplés de conifères.

On a établi sur ce terrain un transect de 25 m reliant un fen sourceux minérotrophe au marécage à conifères adjacent. Dans le fen, on trouve quelques spécimens éparpillés de *Larix laricina* et quelques arbustes inférieurs (*Betula pumila, Andromeda polifolia, Salix pedicellaris*). L'étage des herbacées est constitué de *Muhlenbergia glomerata*, d'*Eleocharis quinqueflora*, de *Carex diandra*, de *Carex aquatilis* et de *Scirpus validus*. Des utriculaires (*Utricularia intermedia* et *Utricularia minor*) se trouvent dans les petites mares, accompagnés de *Chara* sp. L'étage muscinal constitué de *Tomenthypnum nitens, Campylium stellatum, Drepanocladus revolvens* et *Scorpidium scorpioides*, selon la hauteur de la nappe phréatique, donne une couverture presque ininterrompue.

On a carotter et échantillonner la tourbe de ce fen sourceux. Le sol minéral était situé à 224 cm et la nappe phréatique, à 5 cm sous la surface. La couche superficielle de tourbe (0–35 cm), composée de marne et de résidus de mousses, repose sur une mince couche (35–50 cm) de tourbe minérotrophe de *Carex–Drepanocladus* (figure 4–17). Suit un couche de tourbe ligneuse de *Sphagnum fuscum* (50–177 cm) qui repose sur la couche basale (177–224 cm) de tourbe de marne humique contenant des fragments de bois.

Les résultats des analyses chimiques de la tourbe (tableau 4–14) reflètent les quantités élevées de Ca, Mg, Na et S observées dans les eaux souterraines. La tourbe présente partout une teneur très élevée en calcium, avec la teneur maximale dans les couches de marne entre 10 et 35 cm et entre 177 et 189 cm. Les quantités élevées de Ca et de cendres même dans la tourbe de *Sphagnum* indiquent que la tourbe située entre les couches de marne a été enrichie par une migration de la marne vers le bas. Les teneurs initialement élevées en Na ne changent pas de façon appréciable à travers le profil, ce qui confirme que Na ne s'accumule pas dans la tourbe. Cependant, S devient plus abondant avec la profondeur.

Les macrofossiles des carottes prélevées dans le fen sourceux et le marécage boisé de conifères indiquent une évolution complexe déterminée par la présence d'eaux minérotrophes de fen. Les couches basales comportent des matériaux bien décomposés contenant des résidus de plantes ligneuses, phénomène témoignant de la présence d'un marécage recouvert de quelques arbustes (figure 4–17). Dans la partie basse de cette terre humide (le fen sourceux actuel), des petites mares se sont formées là où la marne s'est déposée. Cependant, ces petites mares ont été remplacées par un bog, comme l'indique la présence de tourbe de *Sphagnum fuscum*, probablement par suite d'une modification du réseau d'évacuation des eaux du fen. À mesure que progressait le remplissage de la

Figure 4–16.
Fen sourceux à mares peu profondes et fonds de marne. Près de Grand Rapids, Manitoba.

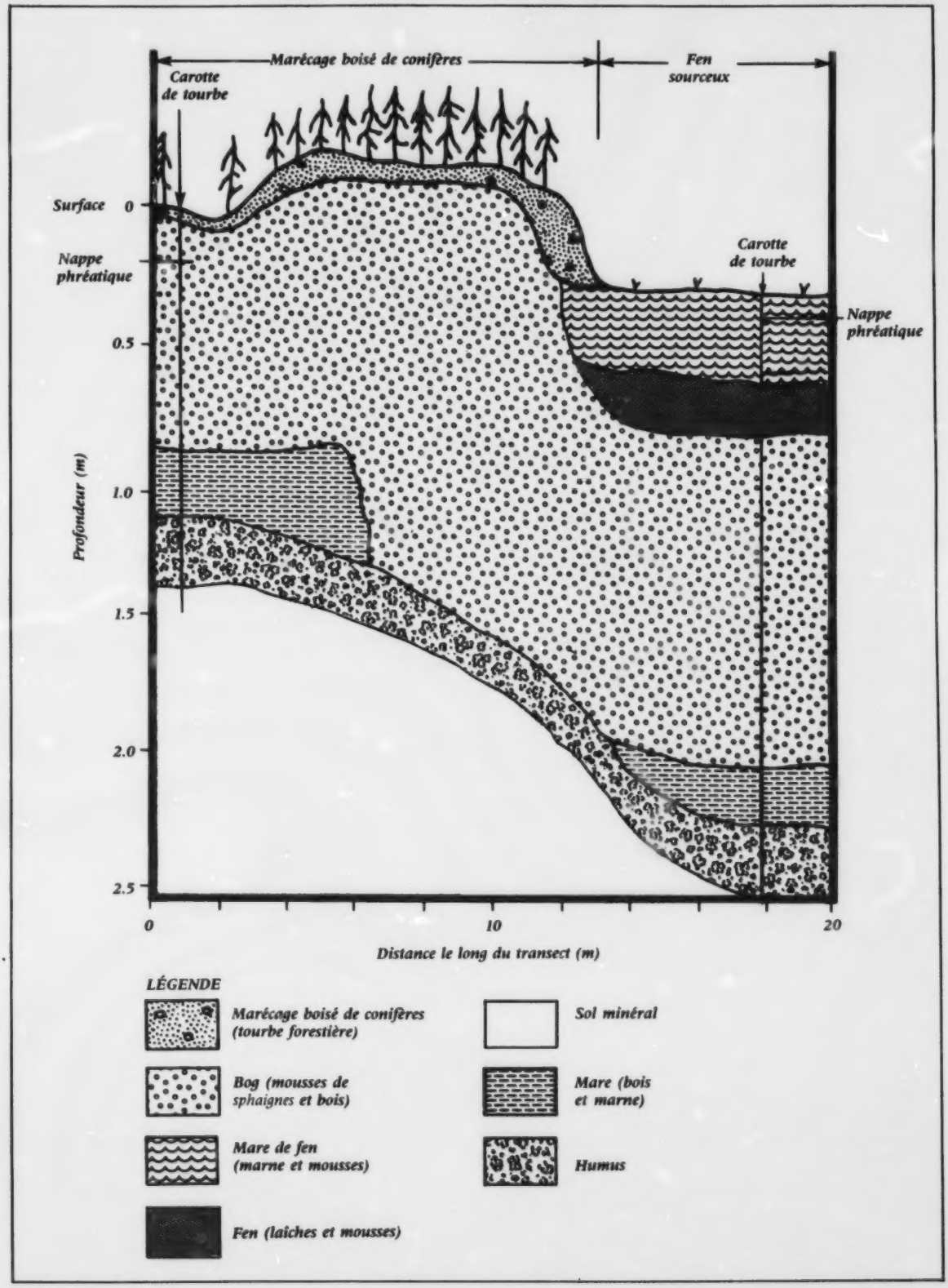


Figure 4–17.
Coupe transversale d'un fen sourceux et d'un marécage voisin boisé de conifères illustrant les milieux de terres humides au moment de l'accumulation. "Wagner Bog", Spruce Grove, Alberta.

Tableau 4–14. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et des eaux souterraines provenant d'un fen sourceux, de "Wagner Bog" près de Spruce Grove en Alberta

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
0–3	6.2	*Drepanocladus–Bryum*	1	25.9	55 273	5 265	849	1 716	3 458
10–13	6.2	Marne–mousses	—	45.3	141 540	4 472	462	1 814	4 913
25–28	6.2	Marne–mousses	—	47.7	145 492	4 181	418	1 404	8 826
45–48	6.2	*Carex–Drepanocladus*	6	20.7	68 071	3 915	426	321	13 103
60–63	6.2	*Sphagnum*–bois	6	26.2	76 947	4 770	445	652	14 414
94–99	6.2	Bois–*Sphagnum*	6	33.4	113 352	4 860	402	1 116	17 833
110–115	6.2	*Sphagnum fuscum*–bois	4	23.7	76 979	5 042	491	590	14 764
135–140	6.2	*Sphagnum fuscum*–bois	4	24.0	76 451	5 637	588	3 828	21 471
150–155	6.5	*Sphagnum*–bois	6	31.0	107 474	4 864	701	4 053	23 880
168–173	6.4	Bois–*Sphagnum*	6	23.5	67 550	5 333	897	8 027	23 497
182–187	6.5	Marne–bois	6	50.2	118 096	4 757	948	10 362	25 431
200–205	6.5	Humique	10	88.8	27 746	5 566	583	15 333	9 248
225–230	6.5	Sol minéral	—	96.6	41 382	7 237	436	12 511	2 746
Eau souterraine									
5	6.2	—	—	—	137.1	37.8	33.7	0.1	84.8

partie basse par la tourbe, l'humidité de la partie élevée (le marécage actuel) s'est accrue et de petites mares s'y sont formées. Plus tard, le bog s'est implanté de façon dominante aux deux sites de carottage, mais des eaux de source minérotrophes ont envahi la partie inférieure de la terre humide, amorçant la formation d'un fen extrêmement minérotrophe qui existe encore aujourd'hui. Dans la partie plus élevée de cette terre humide, le bog s'est maintenu jusqu'à une époque récente où, les eaux souterraines minérotrophes ayant monté suffisamment pour atteindre les racines des plantes, un marécage minérotrophe s'est formé.

Les fens côtelés du Nord

Ces terres humides minérotrophes se caractérisent par la formation de crêtes tourbeuses basses (de 5 à 75 cm de haut) et étroites (de 1 à 5 m de large), (souvent appelées lanières ou *"strings"*) orientées perpendiculairement à l'évacuation des eaux. Ces crêtes peuvent s'allonger transversalement dans les fens en décrivant des arcs réguliers ou sinueux qui peuvent se diviser et se rejoindre (figure 4–18). Des dépressions de tourbe mouillée (Andersson et Hesselman, 1907) séparent les crêtes. La surface des

Figure 4–18.
Fen côtelé du Nord près de Besnard Lake, Saskatchewan. Le drainage se fait en direction de l'observateur.

fens côtelés du Nord est légèrement inclinée (gradient de 0.1 à 1 %). Les crêtes jouent le rôle de digues qui entravent l'évacuation des eaux superficielles, accroissant le degré d'humidité dans les dépressions du haut de la pente des crêtes. Un nivelage effectué avec soin révèle une dénivellation progressive de quelques centimètres entre chaque dépression consécutive, donnant à la surface quelque peu l'apparence d'un escalier. L'importance de cette dénivellation varie selon la configuration du bassin, mais dépasse rarement 10 cm. Les crêtes sont cependant plus rapprochées les unes des autres sur les pentes plus raides. Lorsque la pente s'adoucit, elles sont plus espacees et ont aussi tendance à être plus sinueuses et à former des embranchements. Dans les fens à pente est très faible, les crêtes tendent à perdre leur orientation perpendiculaire à la direction de l'évacuation des eaux et prennent une configuration polygonale, chaque côté étant de longueur égale. Les fens côtelés du Nord se distinguent des autres fens à configuration particulière par la présence de crêtes étroites et bien définies, séparées par d'étroites dépressions.

Les fens côtelés du Nord sont très communs dans les régions du Haut-Boréal et du Boréal moyen ainsi que dans la région de terres humides du Bas-Subarctique. Certaines différences régionales sont évidentes, les crêtes et les dépressions ont tendance à être plus étroites et les dépressions plus mouillées dans les parties orientales des régions boréales que dans les parties moins humides de l'ouest. À l'intérieur de la région de terres humides du Bas-Boréal quelques fens côtelés du Nord ont tendance à avoir des limites imprécises et des crêtes mal définies.

La végétation des dépressions est très différente de celle des crêtes (Slack *et al.*, 1980). Les dépressions, qui sont habituellement mouillées, abritent une végétation dominée par les laîches et les mousses, car l'eau est rarement assez profonde pour empêcher la croissance de ces plantes qui contribuent à former la tourbe. Les espèces dominantes comprennent *Carex chordorrhiza*, *Carex lasiocarpa* et *Carex limosa*, parmi lesquelles on trouve aussi *Menyanthes trifoliata*, *Utricularia intermedia* et *Utricularia minor*. *Triglochin maritima* croît dans les dépressions particulièrement minérotrophes. Les mousses sont généralement représentées par *Scorpidium scorpioides*, *Drepanocladus revolvens*, *Meesia triquetra* et *Cinclidium stygium*.

La végétation sur les crêtes dépend de l'élévation de ces dernières au-dessus des dépressions, donc au-dessus de la nappe phréatique. Sur les crêtes les plus mouillées où les espèces arbustives sont dominantes, on trouve *Betula pumila*, *Salix candida*, *Salix pedicellaris* et *Andromeda polifolia* (*Andromeda glaucophylla* dans l'est). À l'est du Manitoba, on trouve d'habitude *Lonicera villosa* et *Rhamnus alnifolia*. Il peut y avoir diverses espèces de *Carex*, mais *Carex diandra* est la plus caractéristique. L'étage muscinal est constitué de *Tomenthypnum nitens*, *Campylium stellatum* et *Sphagnum warnstorfii*.

Larix laricina et *Betula pumila* dominent la végétation sur les crêtes un peu plus élevées et plus sèches. D'autres arbustes comme *Ledum groenlandicum* et *Andromeda polifolia* s'y trouvent aussi. Les mousses sont constituées surtout de *Tomenthypnum nitens* et de *Sphagnum warnstorfii* et quelques coussins de *Sphagnum fuscum*.

Sur les crêtes dont la surface s'élève jusqu'à 25 cm ou plus au-dessus de la nappe phréatique, *Picea mariana* est l'essence dominante, quelques spécimens de *Larix laricina* s'y trouvent aussi. Les arbres peuvent atteindre une hauteur de 15 m. Le couvert végétal peut inclure des arbustes comme *Betula pumila*, *Ledum groenlandicum* et *Chamaedaphne calyculata*. *Carex disperma* peut croître parmi les mousses. L'étage muscinal, presque continu, est constitué de *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum magellanicum*, *Pleurozium schreberi* et *Dicranum undulatum*. Là où le couvert végétal est moins dense, on peut trouver des lichens dont *Cladina mitis* et *Cladina rangiferina*.

Dans certaines conditions, les fens côtelés du Nord peuvent abriter des espèces végétales qui sont d'habitude associées aux bogs. Dans les milieux qui reçoivent des eaux acides et pauvres en éléments nutritifs, certaines espèces de *Sphagnum*, telle *Sphagnum jensenii*, peuvent envahir les dépressions, et *Picea mariana* peut dominer sur les crêtes avec *Sphagnum fuscum* et *Sphagnum magellanicum* (Vitt *et al.*, 1975). Sjörs (1963) appelle ces fens à faible teneur en éléments nutritifs des "fens pauvres".

Les fens côtelés du Nord reposent d'habitude sur une couche tourbeuse dont l'épaisseur dépasse 1 m. Dans les dépressions, les 30 à 40 cm supérieurs, constitués d'un tapis résistant de racines fibreuses et de mousses, recouvrent une tourbe de laîches–mousses plus décomposée. Occasionnellement, le tapis superficiel "flotte" sur une tourbe dont la teneur en eau est très élevée (95 à 99 % d'eau par volume). Cette couche liquide, d'une épaisseur de 1.0 à 1.5 m, repose d'habitude sur une tourbe modérément décomposée. Sur les crêtes, la tourbe superficielle généralement fibreuse repose sur une tourbe plus décomposée, mais il n'y a pas de couches liquides. Sous les crêtes les plus élevées et les plus sèches, un gel tardif peut persister jusqu'à la fin de l'été. Ce gel se limite à une profondeur de moins d'un mètre de la surface mais il peut perturber davantage la circulation de l'eau dans le fen.

L'examen de la stratigraphie de la tourbe de 62 fens côtelés du Nord, du centre du Canada, a révélé que la tourbe sous les crêtes a été formée dans des conditions plus sèches que la tourbe sous les dépressions. Donc, alors que la végétation des dépressions reflète à une certaine profondeur des conditions de fen ouvert, la végétation sous la crête à une profondeur correspondante indique des conditions de fen arbustif ou boisé. Ce phénomène révèle que la position des dépressions et des crêtes est stable et que ces formations ne se déplacent pas latéralement. La formation de crêtes plus sèches peut commencer à n'importe quel stade d'évolution du fen. Dans certains cas, les macrofossiles de tourbe indiquent que la crête a commencé à se former dans la tourbe basale et s'est maintenue jusqu'à l'époque actuelle. Toutefois, dans la plupart des cas, la formation des crêtes sèches s'est amorcée

vers le milieu de la séquence d'évolution de la tourbe et il est rare que le développement de la crête ne soit évident que dans la tourbe superficielle. Donc, bien que leur formation puisse s'amorcer n'importe quand après l'apparition d'un fen, les crêtes semblent être des formes de terrain stables et persistantes une fois leur développement commencé.

L'origine des fens côtelés du Nord a donné lieu à bien des conjectures. Les premiers observateurs ont noté leur relation avec le gel (Svenonius, 1904), et ont attribué leur apparition à l'interaction entre les déplacements de l'eau et du sol gelé. Selon Auer (1920), ils sont formés par une poussée de gel; selon Schenk (1963), par l'affaissement du pergélisol. D'autres, comme Cajender (1913), ont proposé comme agent causal la solifluxion, un lent glissement en masse des matériaux vers le bas de la pente. La plupart des travaux de recherche portaient sur l'importance des processus biologiques (Ruuhijärvi, 1960). Foster *et al.*, (1983) ont attribué la formation des crêtes et des mares aux différents taux de croissance des plantes, culminant par la cessation de la formation de tourbe dans les mares. Sjörs (1961) a souligné l'importance de l'écoulement des eaux combiné aux différents taux d'accumulation de la tourbe dans les dépressions et les crêtes.

Selon Lundqvist (1962), l'eau qui traverse un couvert végétal épars sur un substrat gelé peut former des côtes en guirlandes. Thom (1972), qui a observé la formation de "barrages de débris", a remarqué que le ruissellement en nappe de l'eau de fonte à la surface d'un fen encore gelé entraîne l'accumulation de débris organiques perpendiculairement à l'écoulement des eaux, formant un substrat plus sec pour la croissance des plantes. Sakaguchi (1980), a proposé une hypothèse semblable et a noté que les détritus végétaux transportés par les eaux d'inondation peuvent s'accumuler en formant des lignes qui coupent les voies d'évacuation des eaux. Les conditions conduisant à la formation de telles lignes sont : (1) une légère inclinaison de la surface, (2) la présence de restes de plantes allongées (3) des crues en nappe, et (4) la présence d'obstacles uniformément éparpillés sur lesquels les débris peuvent s'accrocher. Les barrages de débris peuvent former la base sur laquelle la végétation des habitats un peu plus secs peut s'implanter. Seppälä et Koutaniemi (1985) ont souscrit à ce modèle pour expliquer l'origine des crêtes. Selon ces auteurs, l'évolution subséquente est due à l'accumulation de la tourbe sur les crêtes et à sa dégradation dans les mares. Des mesures minutieuses ont montré que l'action du gel, l'expansion de la glace et la solifluxion ne jouent que des rôles mineurs dans la dynamique de formation des crêtes. Il faut souligner que dans les fens côtelés du Nord du Canada, les dépressions contiennent rarement des eaux suffisamment profondes pour inhiber la croissance de plantes productrices de tourbe, et que la formation de la tourbe se poursuit dans les dépressions à une vitesse légèrement inférieure à celle observée sur les crêtes.

Ce qui précède illustre l'existence d'une abondance de théories. Cependant, tous les fens côtelés du Nord ont en commun certains paramètres dont :

(1) une surface en pente où l'écoulement des eaux n'est pas canalisé;
(2) des crêtes tourbeuses perpendiculaires à la direction de l'écoulement des eaux;
(3) des crêtes tourbeuses stables dans l'espace et dans le temps;
(4) une évolution différente de la tourbe sur les crêtes et dans les dépressions; et
(5) un climat hivernal rigoureux, mais aucun pergélisol.

Toute théorie formulée pour expliquer l'origine et la continuité des fens côtelés du Nord doit concorder avec toutes ces caractéristiques et toute autre possible. Quand on obtient un modèle qui tient compte de tous les paramètres, on doit le vérifier et sur le terrain, par l'étude minutieuse de divers fens côtelés, et en laboratoire, par l'examen de modèles hydrologiques.

On a fait une étude plutôt détaillée d'un fen côtelé du Nord près de Smith en Alberta (55°08′ N, 114°01′ O). Cette terre humide de 65 ha, descend doucement (pente inférieure à 1 %) vers un petit lac logé dans une dépression (environ 500 ha) et occupe l'extrémité nord d'une plaine morainique onduleuse.

La végétation d'une dépression qui se trouve à cet endroit est celle d'un fen ouvert et ne comprend que quelques arbustes inférieurs épars de *Salix pedicellaris*. L'étage des herbacées couvre environ 60 % de la surface et se compose surtout de *Carex lasiocarpa*, *Carex diandra*, *Carex limosa*, *Menyanthes trifoliata* et *Triglochin maritima*. La couverture muscinale, qui est continue même dans les petites mares peu profondes, se compose presque entièrement de *Scorpidium scorpioides* et de petites quantités de *Meesia triquetra*.

Sur ce terrain, les crêtes portent une couverture de 50 % de *Picea mariana* et de *Larix laricina* de grande taille (de 10 à 15 m). Il y a un couvert épars de *Betula pumila* à l'étage arbustif. L'étage des herbacées, qui couvre environ 60 % de la surface, se compose principalement de *Carex interior*, *Carex leptalea*, *Carex lasiocarpa*, *Menyanthes trifoliata* et *Equisetum fluviatile*. Les mousses, couvrent environ 75 % de la surface, sont constituées surtout d'*Aulacomnium palustre* et de *Tomenthypnum nitens*.

On a établi un transect dans la partie centrale de ce fen côtelé du Nord de façon à couper à angle droit deux dépressions et une crête intercalaire. La dépression du haut de la crête est plus élevée, d'environ 10 cm, que celle de la dépression du pied de la crête (figure 4–19) (gradient de 1.25% [1:80]). La crête s'élève de 10 à 15 cm au-dessus du niveau de la dépression du haut de la pente.

Une carotte a été prélevée dans la dépression du bas de la pente et dans la crête. À l'intérieur de la dépression, la nappe phréatique était à la surface et on pouvait observer quelques mares d'une profondeur de 5 à 10 cm. L'épaisseur de la tourbe atteint 215 cm, les 15 cm supérieurs étant constitués de marne et de coquilles de mollusques aquatiques ainsi que d'une certaine quantité de tourbe fibreuse de mousse de *Scorpidium*. Des matériaux semblables, comportant toutefois de la tourbe mésique de mousse, se trouvent

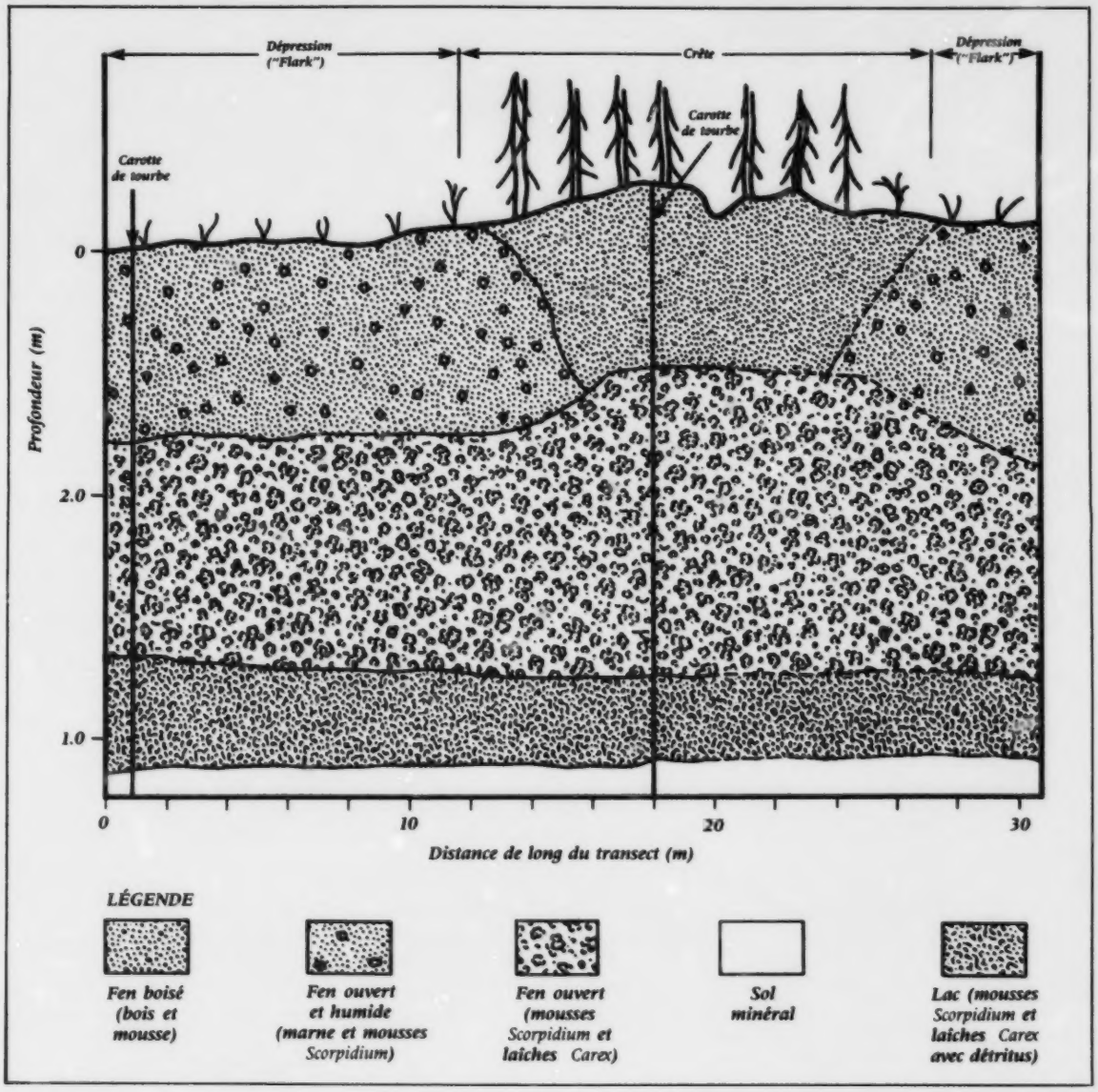


Figure 4–19.

Coupe transversale d'un fen côtelé du Nord illustrant les milieux de terres humides au moment de l'accumulation. Près de Smith en Alberta.

jusqu'à une profondeur de 78 cm. On trouve au-dessous une tourbe mésique de *Scorpidium–Carex* (78–168 cm), qui recouvre une mince couche (168–187 cm) de tourbe semblable contenant des coquilles d'escargots aquatiques. La tourbe basale (187–215 cm) est constituée de matériaux humifiés et amorphes, qui pourraient représenter un dépôt de tourbe lacustre détritique.

Dans la crête, la nappe phréatique se trouve à une profondeur de 18 cm et l'épaisseur totale de la tourbe est de 238 cm. Sous une couverture vivante de mousse (0–8 cm), on trouve une couche humifiée de tourbe forestière (de 8 à 76 cm), constituée de *Sphagnum* sp., de fragments de bois d'arbuste, d'aiguilles de *Larix* et de radicelles. Au-dessous, s'étend une couche de tourbe de *Scorpidium–Carex* (76–203 cm), qui repose sur une tourbe basale bien humifiée dont l'origine pourrait être aquatique (203–238 cm).

Les analyses chimiques de la tourbe prélevée de la dépression du bas de la pente (tableau 4–15) révèlent des teneurs très élevées en éléments nutritifs, particulièrement en Ca, dans la tourbe de marne superficielle. La teneur en Ca du reste de la tourbe est également très élevée, mais elle diminue considérablement dans le sol minéral. De même, la quantité de S est beaucoup plus grande dans la tourbe que dans le sol minéral.

Dans la tourbe de la crête, seul l'échantillon superficiel présente une faible teneur en éléments nutritifs.

Tableau 4–15. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant d'une dépression d'un fen côtelé du Nord, près de Smith en Alberta

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
0–3	6.7	Marne–coquilles–*Scorpidium scorpioides*	—	39.0	130 218	3 257	14 533	2 219	412
18–21	6.5	Marne–coquilles–*Scorpidium scorpioides*	—	52.3	189 322	3 150	6 667	2 320	546
32–35	6.5	Marne–coquilles–*Scorpidium scorpioides*	—	45.8	162 730	2 246	6 792	2 222	413
45–50	6.5	Marne–coquilles–*Scorpidium scorpioides*	—	54.3	194 384	2 770	4 197	2 292	341
60–65	6.5	Marne–coquilles–*Scorpidium scorpioides*	—	35.8	128 558	1 874	5 331	2 154	570
80–85	6.5	*Scorpidium scorpioides–Carex*	6	20.6	70 953	1 758	5 656	2 113	491
100–105	6.4	*Scorpidium scorpioides*	5	12.2	28 992	1 445	4 179	1 641	437
115–120	6.4	*Scorpidium scorpioides*	5	10.1	29 719	1 896	5 491	2 250	369
140–145	6.5	*Scorpidium scorpioides–Carex*	5	10.4	30 605	2 126	6 005	3 873	420
170–175	6.5	Coquilles–*Carex–Scorpidium scorpioides*	6	12.0	37 341	2 199	5 671	4 875	420
190–195	6.4	Humique	8	19.2	35 438	3 081	8 029	8 729	697
205–210	6.4	Humique	10	30.0	39 331	3 241	8 124	8 349	736
217–222	6.4	Sol minéral	—	96.9	5 810	2 960	4 429	425	329
Eau									
0	6.5	—	—	—	76.2	16.5	0.2	1.7	0.1

Tous les autres échantillons ont une concentration d'éléments nutritifs qui se rapproche de celle de la dépression (tableau 4–16). L'échantillon superficiel est pauvre en Fe et en S, mais présente des teneurs en Ca et en Mg plus élevées que celles des tourbes ombrotrophes, ce qui indique que les eaux minérotrophes influent même sur les conditions en surface. La composition minérale de la nappe phréatique, situé à 18 cm de profondeur dans la crête, ne se distingue aucunement de celle de l'eau de la dépression.

Deux datations au radiocarbone, effectuées dans la tourbe sous la crête afin de mieux comprendre l'évolution de cette terre humide, ont indiqué un âge de 700 ± 130 ans pour le premier échantillon de tourbe (BGS-788) prélevé entre 32 et 38 cm à l'intérieur de la tourbe forestière, et de 6 800 ± 150 ans pour le second échantillon (BGS-789), prélevée à une profondeur de 224 à 230 cm dans la tourbe basale aquatique. Le taux d'accumulation de la tourbe aurait donc été de 5 cm/100 ans dans la tourbe forestière au cours des 700 dernières années, et de 3.1 cm/100 ans

Tableau 4–16. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant de la crête d'un fen côtelé du Nord, près de Smith en Alberta

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
0–3	5.3	Mousses–brindilles–*Carex*	1	6.0	11 669	2 639	324	610	500
18–21	6.2	Mousses–brindilles–*Carex*	8	22.4	59 903	3 097	26 315	2 757	1 537
45–50	6.2	Mousses–brindilles–*Carex*	7	14.4	44 369	2 963	9 193	2 617	1 156
60–65	6.1	Mousses–brindilles–*Carex*	7	11.2	37 472	2 589	7 468	2 925	1 157
81–86	6.2	*Scorpidium scorpioides–Carex*	5	10.9	28 630	2 121	6 769	2 188	838
96–100	6.0	*Scorpidium scorpioides–Carex*	6	8.0	21 133	1 597	5 188	1 599	568
130–135	6.1	*Scorpidium scorpioides–Carex*	6	10.0	24 908	1 955	5 150	1 948	555
165–170	6.3	*Scorpidium scorpioides–Carex*	5	9.7	26 554	2 090	6 183	4 373	433
195–200	6.2	*Scorpidium scorpioides–Carex*	5	8.9	23 006	1 918	5 966	4 763	346
244–250	6.2	Sol minéral	—	97.9	4 742	3 024	3 895	283	298
Eau									
18	6.2	—	—	—	90.0	19.0	0.2	2.1	0.2

dans la tourbe de fen de 6 800 ans à 700 ans ANE.

Il semble, d'après l'analyse des macrofossiles, que la terre humide provienne, dans sa totalité, d'un lac (figure 4–19). Un fen ouvert de *Scorpidium–Carex* est ensuite apparu aux deux sites d'échantillonnage. Avec le temps, le drainage s'est détérioré comme le montrent les dépôts de marne, mais la crête est demeurée inchangée jusqu'à ce qu'un fen boisé s'y implante, il y a environ 2 000 ans. Aucun changement n'a été observé dans les conditions qui prévalaient à l'intérieur de la dépression ou sur la crête depuis le début de la formation de la crête.

Les fens pennés

Ce type de terre humide est situé dans une configuration d'éléments de tourbières ombrotrophes et minérotrophes. Le fen penné est formé de crêtes longues, basses et étroites, au sommet desquelles prévalent des conditions de bog ombrotrophe. D'étroits chenaux de drainage apparaissent fréquemment sur les crêtes et le long des pentes. Des conditions minérotrophes prévalent dans ce milieu (Grondin et Ouzilleau, 1980). Ce modelé de bog et de fen donne, à vol d'oiseau, une apparence penniforme au complexe de terres humides : le sommet de la crête ombrotrophe est le rachis, tandis que les canaux d'évacuation minérotrophes sous-parallèles, séparés par des îles ombrotrophes, sont les barbes de la plume (figure 4–20). Ces terres humides, d'une largeur de 0.75 à 2.25 km et d'une longueur allant jusqu'à 10 km, sont coupées par de petits ruisseaux. En général, ces ruisseaux sont groupés parallèlement les uns aux autres dans une configuration distincte.

La surface convexe d'un fen penné est dicté par la pente du sol sous-jacent d'habitude à texture argileuse. L'épaisseur de la tourbe (en moyenne 2 m) est relativement uniforme sur les crêtes ombrotrophes et dans les chenaux de drainage minérotrophes. Le pH est près de 4 dans les milieux ombrotrophes et près de 5 dans les milieux minérotrophes. Bien que les fens pennés ressemblent quelque peu aux bogs en plaqué des régions de terres humides du Subarctique (voir chapitre 3), ils ne renferment pas de pergélisol et sont donc fondamentalement différents.

Les bogs ombrotrophes apparaissent sur les sommets des crêtes au-dessus des fens pennés et peuvent s'allonger en d'étroites bandes sur la pente. La végétation, qui se compose d'espèces caractéristiques des bogs, est dominée par des arbustes comme *Chamaedaphne calyculata*, parmi lesquels on trouve des spécimens rabougris de *Picea mariana* et des espèces ombrotrophes de *Sphagnum*. La végétation, plus diversifiée dans les chenaux de drainage minérotrophes, est dominée par un certain nombre d'espèces de *Carex* et de *Sphagnum warnstorfii*. *Larix laricina* est également repandu. Une étroite zone de marécage de ruisseau à conifères, dominée par *Picea mariana*, se forme au pied des pentes où l'eau est captée dans de petits ruisseaux qui coulent parallèlement aux crêtes.

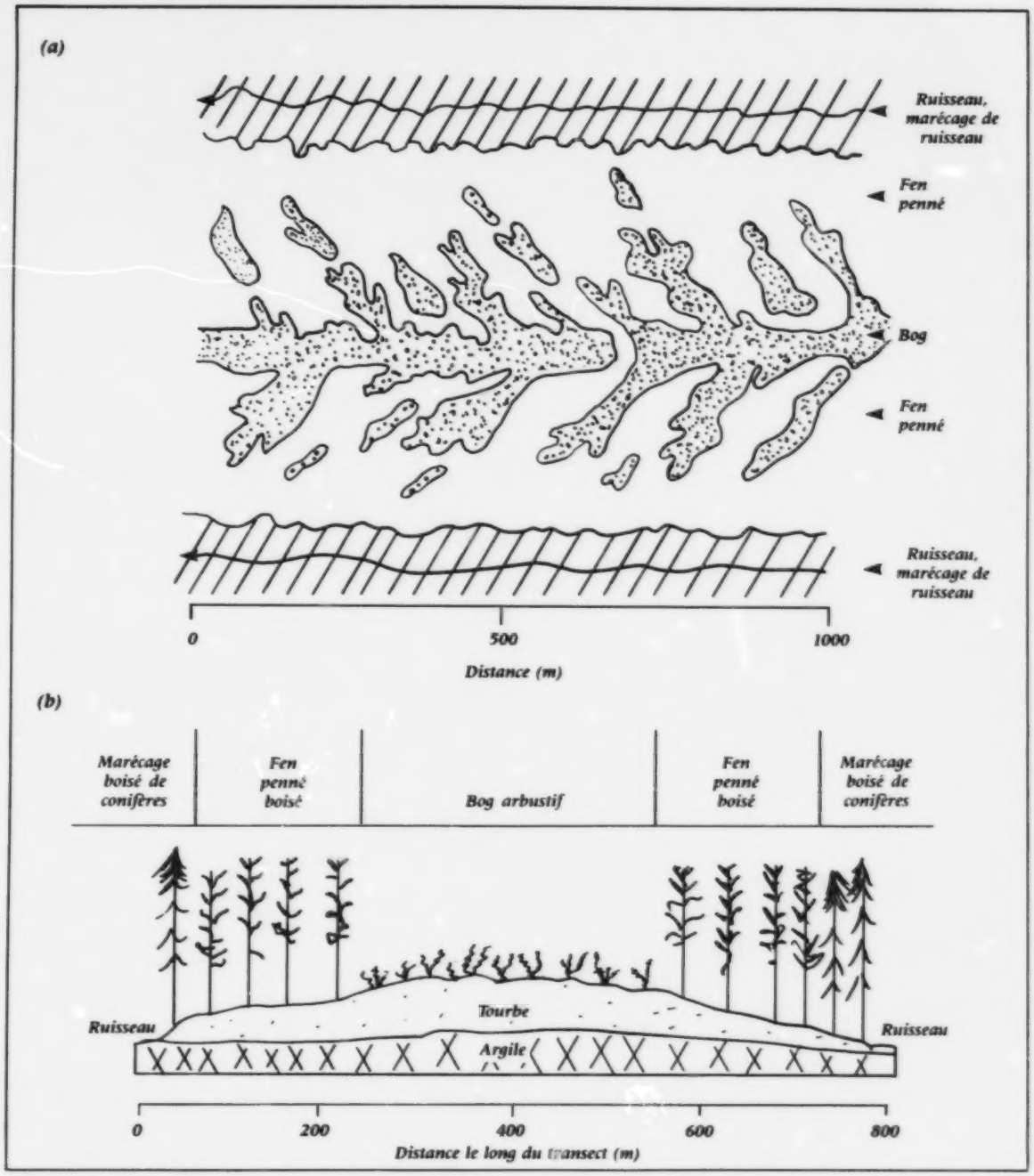
Ces fens se trouvent dans le sud de la région de la baie James au Québec (Grondin et Ouzilleau, 1980), où le sol minéral constitué d'argiles marines forme un terrain qui descend doucement vers la baie. Les argiles sont coupées par des ruisseaux parallèles de faible profondeur, phénomène à l'origine de la formation des terres humides remarquables que sont les fens pennés.

Les marais de delta

Les marais de delta peuvent se former dans les deltas des terres intérieures créés par les rivières qui se déversent dans de vastes lacs. Certains de ces deltas sont très étendus (figure 4–21), dont, par exemple, (1) le delta de la rivière des Esclaves dans le Grand lac des Esclaves, qui couvre 210 km² (English, 1979); (2) le delta Paix-Athabasca dans le lac Athabasca, qui s'étend sur 3 775 km² (Bayrock et Root, 1971); (3) le delta de la rivière Saskatchewan, occupant plusieurs bassins lacustres comblés, dont la superficie atteignait environ 9 300 km² avant les inondations et le drainage d'origine anthropique; (4) le marais de delta à l'extrémité sud du lac Manitoba, qui couvre 1 500 km² (Walker, 1965); et (5) le marais Netley sur la rivière Rouge au lac Winnipeg, qui s'étend sur environ 200 km². Il y a en outre de nombreux deltas plus petits accompagnés de marais partout dans les régions de terres humides boréales.

Les milieux deltaiques sont caractérisés par des inondations périodiques d'importance et de durée variables. Ces inondations peuvent survenir sur une base annuelle dans les secteurs actifs du delta, mais moins fréquemment, voire rarement, ailleurs. Les inondations ainsi que les chenaux fluviaux actifs amènent et distribuent les sédiments formant ainsi un réseau complexe de lacs peu profonds, de chenaux abandonnés, d'anciens chenaux et de levées. Des plans d'eaux libres et des marais peuvent apparaître dans les parties actives du delta, tandis que des marécages boisés peuvent se trouver dans les parties inactives, moins fréquemment inondées. Les lacs peu profonds des parties inactives du delta peuvent se remplir de tourbe, un phénomène conduisant à l'apparition de conditions de bog et de fen (Dirschl, 1972).

On a établi un lien entre le type de couverture végétale du delta de la rivière des Esclaves et les conditions d'humidité (English, 1979). Dans cette région périodiquement inondée, la végétation dominante est représentée par *Equisetum fluviatile*. On trouve également une certaine quantité de *Carex rostrata*, *Carex aquatilis*, *Salix arbusculoides* et *Salix glauca*. Le sol fin sous-jacent est alcalin (pH de 8.2). Dans les zones mouillées moins exposées, comme les bras morts, les petits hauts-fonds et les sections de littoral protégé, les laîches dominent, surtout *Carex aquatilis* et *Carex rostrata*. On trouve aussi *Equisetum fluviatile*, *Typha latifolia* et *Salix interior*. Dans les deltas de mar-



Sources : Grondin et Ouzilleau (1980); Couillard et Grondin (1986).

Figure 4–20.

Diagrammes de fens pennés : (a) vue en plan; (b) coupe transversale : les crêtes sont recouvertes d'une végétation arbustive de bog, et les chenaux, d'une végétation de fen avec mélèzes laricins, et les marécages de ruisseau, d'épinettes noires.

Figure 4–21.
Vue aérienne d'un marais de delta et de marécages à saules sur des digues abandonnées. Près de The Pas, Manitoba.

ais, les dépressions entre les levées, où la profondeur moyenne de la nappe phréatique est de 5 à 10 cm, peuvent être colonisées par *Salix glauca*, *Salix arbusculoides* et *Salix interior*, accompagnés d'*Equisetum fluviatile*, *Beckmannia syzigachne* et *Calamagrostis canadensis*. Le substrat est un limon mouillé dont le pH atteint 8.

Dans le delta Paix–Athabasca, les marais que Fuller et La Roi (1971), désignent "marais profonds" sont caractérisés par *Scirpus validus*, *Eleocharis palustris*, *Glyceria grandis* et *Typha latifolia*. Dans les marais recouverts d'eaux peu profondes, classés "marais peu profonds" par ces auteurs (1971), la laîche *Carex atherodes* forme des peuplements très étendus et souvent mêlés de *Scolochloa festucacea*, *Beckmannia syzigachne*, *Glyceria grandis*, *Calamagrostis canadensis* et *Carex aquatilis*. Dans les zones où les eaux stagnantes ne persistent pas la végétation se compose surtout de *Calamagrostis canadensis* et de petits peuplements de *Polygonum amphibium* et de *Mentha arvensis* (Raup, 1935). Dans les secteurs un peu plus secs, des saules arbustifs (*Salix planifolia*) envahissent les prairies de calamagrostides du Canada.

À l'intérieur des deltas méridionaux, le roseau commun (*Phragmites australis*) couvre jusqu'à un tiers de la surface des marais (Walker, 1965), atteignant une hauteur de 4 m dans une eau dont la profondeur maximale est de 45 cm (Bird, 1961). *Scolochloa festucacea* domine la végétation des marais peu profonds mêlée d'une moindre quantité de *Carex atherodes*. Dans les mares peu profondes l'espèce dominante est *Potamogeton pectinatus*. *Typha latifolia* et ses hybrides croissent dans un sol humide et des eaux peu profondes, colonisant de façon agressive les terrains de rabattement (Shay et Shay, 1986).

On a étudié de façon plutôt détaillée un marais de delta sur la rivière Saskatchewan près de la frontière entre la Saskatchewan et le Manitoba (53°14′ N, 101°50′ O), dans une partie du delta rarement inondée. Des prairies de *Carex* parsemées de saules arbustifs (*Salix* spp.) forment la végétation. L'étage arbustif supérieur est représenté par *Salix petiolaris* et le couvert arbustif inférieur, par *Salix planifolia* et *Salix pedicellaris*. L'étage des herbacées est dominé par *Carex lacustris* et *Carex aquatilis*, avec une certaine quantité d'*Equisetum fluviatile* et de *Galium trifidum*. *Drepanocladus aduncus* forme des îles muscinales.

Les 32 cm supérieurs du marais de delta sont constitués d'une tourbe fibreuse composée surtout de résidus de *Carex*, sus-jacente à une tourbe mésique contenant de minces couches de sol alluvial. On atteint un sol minéral à texture argileuse à 60 cm. Les analyses chimiques indiquent que le matériel tourbeux est modérément riche en éléments nutritifs (tableau 4–17).

Les marais de rivage

Les marais de rivage se forment dans les bassins en bordure des lacs ou des étangs. Dans les régions

Tableau 4–17. Analyse totale des éléments et autres propriétés de la tourbe et de l'eau provenant d'un marais de delta, sur le delta de la Rivière Saskatchewan

Profondeur de l'échantillon (cm)	*pH*	*Matière*	*Décomposition (von Post)*	*Teneur en cendres (%)*	*Éléments totaux (mg/kg)*				
					Ca	*Mg*	*Fe*	*S*	*P*
Tourbe									
0–3	5.4	*Carex*	2	14.8	13 299	2 597	5 353	3 072	2 140
10–14	5.4	*Carex–Menyanthes*	4	14.3	13 824	2 151	4 420	3 554	1 488
32–36	5.4	*Carex–Menyanthes*	4	34.3	11 048	3 294	8 904	5 580	963
45–50	5.8	*Carex–Menyanthes*	4	22.6	17 682	2 792	14 594	5 452	1 109
60–65	5.8	Sol minéral	—	93.6	4 978	4 758	14 858	544	594
Eau									
1	5.4	—	—	—	20.6	5.5	1.1	2.6	0.6

boréales, ces terres humides peuvent être classées d'après le type de végétation et les caractéristiques environnementales. Pour des raisons de comparaison avec d'autres études, on utilise quatre sous-classes de marais de rivage dans ce chapitre, soit le marais de rivage profond, le marais de rivage peu profond, le marais de prairie et le milieu de transistion marais flottant–fen. Le marais de rivage profond est également traité ici en termes de phases profondes et peu profondes, qui varient de façon saisonnière.

L'examen de marais de rivage dans le nord-est de l'Ontario a révélé que tous affichent, comparativement aux autres terres humides, des teneurs élevées en éléments nutritifs et en minéraux disponibles. Dans certains marais de rivage, la tourbe est mêlée au sol minéral par suite d'un apport de matériel minéral allochtone au cours des périodes de hautes eaux. Les descriptions présentées ici s'appuient sur un échantillonnage effectué à des points de transects à l'extrémité sud du lac Nighthawk, près de Timmins en Ontario (48°06′ N, 80°59′ O), et sont généralisées dans la figure 4–22. Les résultats des analyses chimiques d'échantillons d'eau et de tourbe prélevés dans les divers terrains apparaissent au tableau 4–18.

Le marais de rivage profond est caractérisé par des îles de hautes graminées très espacées qui croissent dans l'eau stagnante. *Scirpus lacustris* est la principale espèce émergée dans des secteurs où la profondeur des eaux estivales dépasse habituellement un mètre. Dans les endroits moins profonds, les espèces les plus communes qui émergent de l'eau sont plutôt *Typha latifolia*, *Eleocharis palustris*, *Zizania aquatica*, et *Phragmites australis*. Un mélange de macrophytes flottants et submergés, dont *Myriophyllum spicatum* et plusieurs espèces de *Nuphar*, *Nymphaea*, *Polygonum*, et *Potamogeton* peut également s'y trouver. Les marais de rivage profonds représentent une transition entre les eaux libres et les marais de rivage peu profonds.

Une phase moins profonde de marais de rivage profond survient dans les secteurs qui peuvent être inondés parfois par plus d'un mètre d'eau, mais où le sol est recouvert par 20 cm d'eau ou moins à la fin de l'été. La végétation de ces terres humides est généralement composée de peuplements denses de macrophytes émergés. Les marais de rivage profonds présentent souvent des chenaux ouverts qui sont parfois le résultat des activités des castors ou des canards.

La végétation des marais de rivage peu profonds est en général plus abondante que celle des marais de rivage profonds, tout en abritant les mêmes espèces à l'exception de *Scirpus lacustris*. Un certain nombre d'autres plantes émergées s'y trouvent également,

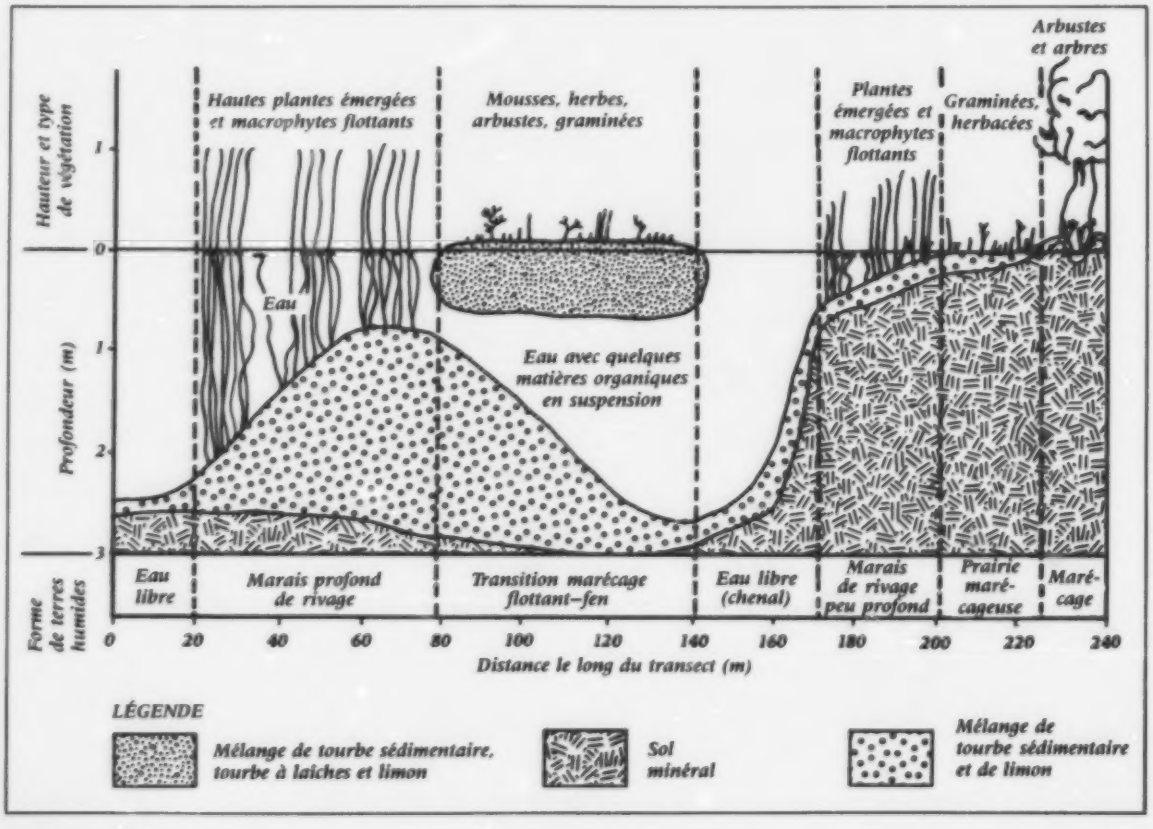


Figure 4–22.
Transect d'un complexe de marais montrant les diverses communautés végétales et la stratigraphie de la tourbe.

dont *Glyceria borealis, Equisetum fluviatile, Scirpus microcarpus, Dulichium arundinaceum* et *Sparganium chlorocarpum*. De plus, l'étage des herbacées comprend souvent *Pontederia cordata, Calla palustris, Caltha palustris* et *Utricularia* spp.

Du point de vue séquentiel, le marais de rivage peu profond est une transition entre le marais de rivage profond et le marais de prairie. Il peut se former sur certains terrains recouverts d'eaux peu profondes, même en l'absence d'un stade antérieur de marais de rivage profond. La végétation dominante de ces zones est souvent composée de *Typha latifolia, Phragmites australis* et *Scirpus* spp.

À force de se remplir, le marais de rivage atteint le stade de marais de prairie, où il n'y a pas d'eau stagnante pendant la saison sèche. La végétation des marais de prairie est dominée par les graminées, mais comprend également de nombreuses espèces herbacées. De plus, des îlots d'arbustes (surtout *Salix* spp.), des mousses, qui peuvent tolérer une certaine inondation saisonnière telle *Drepanocladus aduncus*, et d'autres mousses typiques des fens peuvent s'y trouver. Des arbres épars de l'espèce *Larix laricina* tentent parfois de s'implanter sur ces terres.

Les espèces de graminées les plus communes comprennent *Calamagrostis canadensis, Scirpus cyperinus, Carex aquatilis, Carex lacustris, Carex pseudo-cyperus, Carex rostrata, Carex stricta, Carex vesicaria* et *Iris versicolor*. Les marais de prairie abritent souvent des plantes herbacées dont *Cicuta bulbifera, Hypericum virginicum, Lycopus uniflorus, Lysimachia terrestris, Potentilla palustris, Potentilla norvegica* et *Sium suave*. On y trouve souvent aussi des arbustes, dont *Myrica gale, Salix* spp. et *Spiraea alba*. *Drepanocladus aduncus* est l'une des mousses qui croissent parfois parmi les graminées et les végétaux morts l'année précédente.

Des tapis de végétation flottante se forment souvent dans les marais de rivage profonds et peu profonds. Il semble que le degré de minérotrophie de ces terres soit déterminé, jusqu'à un certain point, par l'épaisseur du tapis, la quantité de minéraux dans l'eau et, surtout, par la mesure dans laquelle le tapis flotte à l'époque des hautes eaux. Si les eaux de crue, riches en sédiments, peuvent baigner ces terres en période de crue, les caractéristiques d'un marais minérotrophe apparaîtront. La végétation peut se composer en grande partie de *Typha latifolia*, de *Sium suave* et de *Galium* spp. Par contre, il est possible que le tapis se soulève en période de crue. Si le tapis végétal est épais, le milieu sera moins minérotrophe et on pourra utiliser la désignation de "fen flottant" pour cette forme de terre humide. Les espèces indicatrices de cet état de transition vers un milieu minérotrophe comprennent *Carex lasiocarpa, Carex chordorrhiza, Menyanthes trifoliata* et *Sphagnum* spp.

Le tableau 4–18 montre certains des changements qui surviennent dans la chimie de la tourbe, au cours du passage du marais de rivage peu profond au marais de prairie moins minérotrophe, puis au milieu de transition marais flottant–fen, comme cela a pu être observé au lac Nighthawk près de Timmins en Ontario. La teneur en cendres de la tourbe diminue de 45 à 24 % pendant cette évolution. Des teneurs en cendres de 25 à 75 % sont indicatrices de sols minéraux riches en carbone plutôt que de tourbe. Le substrat du milieu de transition marais–fen est constitué de tourbe, mais celui du marais de rivage peu profond a une teneur trop élevée en cendres (45 %) pour être qualifié de tourbeux. L'azote total augmente aussi pendant la transformation, probablement à cause d'une augmentation de la quantité des matériaux végétaux partiellement décomposés. Bien que les quantités de P et de Ca soient semblables dans les trois types de terres humides, celles de K, Mn, Fe et Mg sont de deux à plusieurs fois supérieures dans le marais de rivage peu profond comparativement au

Tableau 4–18. Analyse totale des éléments de la tourbe et de l'eau provenant de sous-formes de terres humides dans un marais de rivage, sur le lac Nighthawk près de Timmins en Ontario

Sous-formes de terres humides	*Profondeur de l'échantillon (cm)*	*Teneur en cendres (%)*	*pH*	*N total (%)*	*Bases échangeables totales (mé/100 g)*	*Éléments totaux (mg/kg)*							*Conductivité (mS/cm)*
						Ca	*Mg*	*Mn*	*Fe*	*P*	*K*	*Al*	
Tourbe ou sol													
Marais de rivage peu profond	10–20	45	6.3	1.51	31.8	6 780	3 530	180	12 300	870	8 630	—	—
Prairie marécageuse	10–20	39	6.1	1.66	22.1	5 900	3 090	90	9 330	950	6 910	—	—
Transition marécage flottant – fen	10–20	24	6.1	2.10	29.8	6 080	1 200	30	4 510	920	3 870	—	—
Transition marécage flottant – fen	250–350	23	6.3	2.27	63.7	15 020	2 260	120	9 080	880	4 740	—	—
Eau													
Marais de rivage peu profond	—	—	7.0	—	—	16.4	—	—	0.25	—	—	0.04	0.095
Prairie marécageuse	—	—	6.8	—	—	15.1	—	—	0.24	—	—	0.03	0.097
Transition marécage flottant – fen	—	—	5.6	—	—	9.0	—	—	0.46	—	—	0.02	0.083

milieu de transition marais flottant -fen. Les valeurs dans le marais de prairie se situent constamment entre celles des deux autres. Ce phénomène reflète peut-être une baisse de l'enrichissement minéral du sol. Le calcium constitue une exception, car il se dissipe plus facilement dans les systèmes aquatiques que les autres éléments à cause de son degré élevé d'échangeabilité.

Il y a peu de différence dans les valeurs de pH de la tourbe des trois types de terres. Par contre, l'acidité de l'eau augmente du marais de rivage peu profond au milieu de transition marais flottant–fen. Les teneurs en calcium des échantillons d'eau baissent du marais de rivage peu profond au milieu de transition, tandis que la quantité de Fe augmente dans les eaux du milieu de transition. Les valeurs de conductivité de l'eau diminuent légèrement dans la séquence. En général, les données chimiques confirment une tendance vers une réduction de l'apport en minéraux et une augmentation du dépôt organique dans la séquence menant du marais de rivage peu profond au milieu de transition.

Les marécages de plaine d'inondation

Les marécages de plaine d'inondation, dont la végétation est dominée par le frêne noir (*Fraxinus nigra*), se forment dans la région des terres humides du Bas-Boréal, mais non dans les parties plus septentrionales. Ils apparaissent dans les milieux qui sont inondés chaque année par les eaux de crue (plaine d'inondation). Le drainage intérieur et extérieur est lent dans les plaines d'inondation presque planes et favorise la formation de terres humides. Les petits ruisseaux sont une riche source d'éléments nutritifs, mais ils fournissent très peu de sédiments aux terres humides. Comme ces terres ne sont pas sujettes à une accumulation excessive de sol minéral, leur végétation n'est pas modifiée par les inondations annuelles. On trouve aussi des marécages de plaine d'inondation dans une bande étroite à la périphérie de terres humides plus étendues où les eaux minérotrophes qui rejoignent les terrains humides créent des milieux marécageux.

Ces marécages sont caractérisés par une végétation luxuriante comportant une grande diversité d'arbres, d'arbustes et de mousses. La tourbe peut s'y accumuler, mais son épaisseur dépasse rarement deux mètres. Elle est constituée de résidus forestiers bien décomposés provenant de marécages boisés. La teneur en sol minéral de la tourbe est élevée et, dans certains cas, on peut observer de minces couches distinctes de sol minéral.

Les marécages de plaine d'inondation se distinguent par une profusion d'espèces végétales très diversifiées. L'étage supérieur est dominé par *Fraxinus nigra* qui peut atteindre 30 m de haut et un diamètre de 45 cm à hauteur de poitrine. On peut aussi trouver des spécimens épars de *Betula papyrifera*, *Ulmus americana*, *Picea glauca* et *Abies balsamifera*. L'étage arbustif se compose de jeunes pousses d'arbres et des espèces comme *Sambucus racemosa*, *Prunus virginiana*, *Acer spicatum*, *Ribes americanum*, *Ribes glandulosum*, *Alnus rugosa* et *Cornus stolonifera*. Les fougères *Athyrium filix-femina*, *Onoclea sensibilis*, *Matteuccia struthiopteris* et *Dryopteris cristata* forment une proportion importante de l'étage des herbacées (Figure 4–23). Cet étage est riche en espèces, comptant d'habitude de 20 à 30 dont *Impatiens capensis*, *Galium triflorum*, *Rubus pubescens*, *Trillium cernuum*, *Caltha palustris* et *Urtica gracilis* sont les principales. Parmi les mousses, les espèces les plus abondantes sont *Climacium dendroides*, *Plagiomnium cuspidatum* et *Pylasiella polyantha* dont les deux dernières croissent le plus souvent au pied des arbres et sur le bois en décomposition.

On a étudié un marécage de plaine d'inondation près de Manigotagan au Manitoba (51°04′ N, 96°17′ O), à l'est du lac Winnipeg. Le couvert arborescent est composé de spécimens de haute taille (de 23 à 30 m) de *Fraxinus nigra* et d'un certain nombre de *Picea glauca*. L'étage arbustif de cette terre est dominée par *Alnus rugosa*, *Cornus stolonifera* et *Ribes glandulosum*. L'étage des herbacées compte 31 espèces de plantes vasculaires parmi lesquelles dominent *Impatiens capensis*, *Circaea alpina*, *Carex projecta*, *Schizachne purpurascens*, *Cinna latifolia*, *Bromus canadensis*, *Onoclea sensibilis* et *Dryopteris cristata*. Les mousses couvrent environ 10 % de la surface du sol, les espèces les plus répandues étant *Climacium*

Figure 4–23.
Intérieur d'un marécage de ruisseau boisé de frênes noirs. La végétation au sol est luxuriante.

dendroides, *Plagiomnium ellipticum* et *Plagiomnium cuspidatum*.

Une carotte de tourbe y a été prélevée pour des fins d'analyse. La tourbe a 114 cm d'épaisseur, et la nappe phréatique se trouve à 4 cm. Les 7 cm supérieurs sont un tapis de racines fibreuses, qui repose sur une tourbe forestière bien décomposée contenant des fragments de bois. Les analyses de la tourbe (tableau 4–19) montrent que la teneur en cendres est élevée, ce qui est normal dans un matériel organique humique bien décomposé. Tous les éléments nutritifs sont abondants, y compris S, P et K, ce dont témoigne le couvert végétal luxuriant.

Évolution régionale des terres humides

Bilan des éléments nutritifs

Le rapport entre l'abondance des éléments nutritifs et l'évolution des différentes formes de terres humides a été bien établi dans la littérature internationale (Sjors, 1950). De nombreuses études des propriétés chimiques de l'eau des terres humides en relation avec l'évolution des terres humides dans les régions boréales ont confirmé les résultats obtenus ailleurs. D'après les analyses des eaux souterraines (tableau 4–20), les eaux des fens varient en général d'à peu près neutres à légèrement alcalines, leur conductivité spécifique est supérieure à 0.12 mS/cm, leur teneur en Ca supérieure à 5 mg/kg et leur teneur en Mg supérieure à 2 mg/kg. Ces valeurs sont beaucoup plus faibles dans les bogs des régions boréales (tableau 4–20). Les très basses teneurs en éléments nutritifs des fens pauvres, qui sont bien inférieures à celles des fens minérotrophes, sont de l'ordre de celles des bogs.

Il existe une différence comparable dans les propriétés chimiques de la tourbe de diverses formes de terres humides. Jeglum (1971) a découvert que les valeurs de pH de la tourbe humide reflètent cinq classes de fertilité, soit très oligotrophe (pH de 3 à 3.9), oligotrophe (pH de 4 à 4.9), mésotrophe (pH de 5 à 5.9), eutrophe (pH de 6 à 6.9) et très eutrophe (pH supérieur à 7).

Les analyses de la tourbe superficielle montrent que les bogs affichent des teneurs uniformément faibles en Ca et en Mg, mais que les fens peuvent présenter des teneurs très diverses en ces éléments. De même, les bogs ont des teneurs beaucoup plus faibles

Tableau 4–19. Analyse totale des éléments de la tourbe et de l'eau provenant d'un marécage de ruisseau, près de Manigotagan au Manitoba

Profondeur de l'échantillon (cm)	pH	Matière	Décomposition (von Post)	Teneur en cendres (%)	Éléments totaux (mg/kg)						Conductivité (mS/cm)
					Ca	Mg	K	Fe	S	P	
Tourbe											
0–3	5.0	Racines–bois	2	13.1	15 532	4 429	353	5 267	4 965	1 093	—
15–18	5.0	Humus–bois	7	26.6	8 652	4 739	1 355	7 126	2 220	1 403	—
30–35	5.0	Humus–bois	7	17.7	12 704	4 273	685	5 203	5 296	957	—
45–50	5.2	Humus–bois	7	21.5	14 772	5 230	1 069	7 650	6 621	688	—
75–80	5.6	Humus–bois	7	27.8	13 914	5 211	1 439	7 922	6 683	928	—
98–103	6.4	Humus–bois	7	37.4	15 822	5 935	2 252	12 029	5 985	921	—
105–110	6.4	Humus–bois	7	54.7	13 565	6 558	2 958	14 603	4 810	989	—
123–137	6.5	Sol minéral	—	95.5	4 886	9 517	6 860	25 562	644	549	—
Eau											
4	5.0	—	—	—	24.3	14.7	1.5	5.9	5.1	0.5	0.149

Tableau 4–20. Propriétés chimiques de l'eau provenant de terres humides boréales choisies

Analyse chimique	Fen riche en éléments nutritifs (Slack et al., 1980)	Fen arbustif (Dirschl, 1972)	Fen (Mills et al., 1977)	Fen pauvre en éléments nutritifs (Vitt et al., 1975)	Bog bombé (Mills et al., 1977)	Bog ombrotrophe (Vitt et Bayley, 1984)
pH	6.8–7.9	6.0	6.9–8.1	5.0	4.1–4.8	4.5
Conductivité (mS/cm)	0.140–0.456	0.183–0.455	0.2–0.6	—	0.0–0.1	0.025
Ca (mg/kg)	18–37	10–50	32–52	2.4	1.6–4.0	1.0
Mg (mg/kg)	4–18	2–19	4–16	0.4	0.6–1.1	0.4

Tableau 4–21. Propriétés chimiques des matériaux des strates de tourbe superficielle et intermédiaire de terres humides boréales choisies

Classe de terres humides et source des données	*Nombre de cas*	*Strate de tourbe*	*pH*	*Ca*		*Mg*	
				Total (mg/kg)	*Échangeable (mé/100 g)*	*Total (mg/kg)*	*Échangeable (mé/100 g)*
Bog							
Zoltai et Johnson (sous presse)	320	50 cm supérieurs	4.3	2 664	—	998	—
Mills *et al.* (1977)	4	Superficielle	3.3	—	13.7	—	14.3
Zarnovican et Bélair (1979)	—	Intermédiaire	3.4	—	11.2	—	4.2
Gauthier (1980)	76	Superficielle	3.9	—	10.2	—	2.4
Fen pauvre en éléments nutritifs							
Zoltai et Johnson (sous presse)	58	50 cm supérieurs	4.6	3 465	—	908	—
Zoltai et Johnson (sous presse)	58	50 cm supérieurs	4.9	7 301	—	1 892	—
Zarnovican et Bélair (1979)	—	Intermédiaire	4.5	—	29.9	—	6.0
Gauthier (1980)	215	Superficielle	4.5	—	21.5	—	2.4
Fen riche en éléments nutritifs							
Zoltai et Johnson (sous presse)	539	50 cm supérieurs	5.7	19 779	—	3 599	—
Zoltai et Johnson (sous presse)	76	50 cm supérieurs	6.6	48 737	—	3 677	—
Zarnovican et Bélair (1979)	—	Intermédiaire	5.2	—	90.6	—	16.1
Mills *et al.* (1977)	6	Superficielle	6.6	—	96.2	—	28.4
Marécage boisé de conifères							
Zoltai et Johnson (sous presse)	147	50 cm supérieurs	5.2	21 200	—	3 357	—
Smith *et al.* (1975)	5	Superficielle	6.4	—	112.4	—	28.6

en Ca disponible dans les horizons de surface que les terres humides minérotrophes (tableau 4–21).

Qu'ils soient boisés, arbustifs ou recouverts de graminées, les bogs du nord de l'Ontario sont limités à des milieux où le pH des eaux souterraines est inférieur à 4.4 et les teneurs en Ca supérieures à 2 mg/kg (Jeglum et Cowell, 1982). Le pH des eaux de fens, de marais et de marécages varie de 5 à 6.5 et leur teneur en Ca est supérieure à 4 mg/kg. La qualité des eaux souterraines et la profondeur de la nappe phréatique contribuent à déterminer le type de terre humide.

Dans la région de la baie James au Québec, le pH de la tourbe prélevée à une profondeur moyenne a servi de base à l'établissement d'une classification de niveaux de fertilité (Zarnovican et Bélair, 1979). Les valeurs de pH inférieures à 3.9 ont été associées à une végétation oligotrophe, celles variant de 4 à 4.9, à une végétation mésotrophe et celles supérieures à 5, à une végétation eutrophe. La tourbe du milieu oligotrophe contenait les quantités les plus faibles de Ca disponible (moins de 17 mé/100 g), et la végétation eutrophe, les plus élevées (79 mé/100 g), tandis que la tourbe associée à la végétation mésotrophe présentait des teneurs de Ca variant entre 18 et 25 mé/100 g.

Ces études montrent que, bien qu'il y ait un rapport certain entre la végétation et les teneurs en éléments nutritifs et le pH de la tourbe et de l'eau, il reste difficile de délimiter avec précision les niveaux trophiques. Il est possible que l'évolution des végétaux indicateurs de divers niveaux trophiques soit modifiée par plusieurs autres facteurs (comme le niveau de l'eau, la teneur en oxygène dissous et le degré de décomposition) qui contre-balancent les teneurs en éléments nutritifs.

Dynamique régionale des terres humides

Les terres humides sont des écosystèmes dynamiques dont toute composante est sujette à des changements qui entraînent la modification d'autres éléments de l'ensemble afin de s'adapter aux nouvelles conditions. Le concept des régions de terres humides (Groupe de travail national sur les terres humides, 1986) permet d'établir un grand cadre à l'intérieur duquel existent des composantes environnementales locales de terres humides. La qualité de l'eau et sa quantité, le sol (tourbe), le relief, la flore et la faune sont les principales constituantes de l'environnement. La modification d'une de ces constituantes peut provoquer une réaction en chaîne (importante ou peu sensible) dans toute la terre humide pour adapter le système aux nouvelles conditions. Les changements qui sont amorcés par le milieu même (comme l'accumulation de tourbe) font partie de "l'évolution naturelle" de la terre, des modifications apparaissant à mesure que le système vieillit. Des accidents, des modifications du paysage ou des activités anthropiques qui ont un effet sur la terre humide peuvent aussi provoquer des changements. Des incendies répétés ou un drainage catastrophique des eaux sont des exemples d'accidents, tandis que le soulèvement littoral, le changement du cours des chenaux de drainage ou la formation de barrières naturelles à l'évacuation des eaux sont des modifications du paysage. Parmi les activités anthropiques qui ont des répercussions croissantes sur l'environnement, on compte les utilisations rivales des terres, les aménagements hydrauliques, les précipitations acides et l'emploi de fertilisants. Les terres humides

réagissent à ces agents par un processus "d'évolution provoquée" ou "reactionnelle" dans le but de s'adapter aux nouvelles conditions du milieu ou de les mettre à profit.

Dans les régions boréales, les bogs boisés sont en général l'aboutissement de l'évolution naturelle des terres humides. Il y a plusieurs cheminements possibles, déterminés par le point de départ initial. Le modèle présenté ci-après est basé sur une analyse de macrofossiles provenant d'un grand nombre de terres humides boréales (figure 4–24).

Dans les régions boréales du Canada, les terres humides commencent à se former à l'intérieur de dépressions où pénètrent des eaux de sources extérieures et où le drainage intérieur et extérieur se fait mal. Les dépressions comprennent d'abord une prairie humide–marais, encerclée par un marécage arbustif–boisé (figure 4–25a). À mesure que la tourbe s'accumule, un fen dominé par des graminées s'établit dans la partie centrale de la dépression. Le dépôt de tourbe est accompagné par un soulèvement de la nappe phréatique, et le fen s'étend dans l'ancienne bordure marécageuse. Parallèlement, le marécage monte la pente à mesure que s'étend le marais (figure 4–25b). Ce processus se poursuit, augmentant la profondeur de la tourbe. Les petits étangs se recouvrent graduellement d'un tapis de fen (figure 4–25c). À la fin, toute la dépression est occupée par un fen, ouvert au centre et arbustif près de la périphérie. Si le fen est suffisamment incliné, des crêtes et des dépressions peuvent apparaître en surface. Des marécages arbustifs ou à conifères peuvent s'établir là où les pentes du bas-plateau rejoignent la terre humide. Des îlots de fen boisé s'implantent parfois dans le fen principal (figure 4–25d), particulièrement aux endroits où des obstacles réduisent l'influence des eaux minérotrophes du fen. Par la suite, des conditions ombrotrophes peuvent apparaître dans une section du fen (figure 4–25e) et s'étendre pour couvrir la majeure partie de la terre humide. Les eaux minérotrophes qui pénètrent dans la dépression peuvent continuer d'être évacuées par les chenaux de fens, mais les surfaces des bogs se trouvent au-dessus de ce niveau (figure 4–25f). Dans les secteurs de pluies abondantes, l'accumulation de la tourbe peut se poursuivre à un point tel que la surface du bog est considérablement soulevée au-dessus du niveau du fen original.

L'évolution décrite ci-dessus peut s'étendre sur des milliers d'années. Dans certaines régions, les paramètres environnementaux ne se prêtent pas à cette évolution au-delà du stade de marais primitif et de plans d'eaux libres. Plusieurs conditions environnementales peuvent mettre un terme à d'autres séquences plus évoluées. Ainsi, une terre humide peut se transformer en fen, mais souvent des conditions comme la teneur élevée en éléments nutritifs des eaux souterraines, l'abondance de ces eaux ou le peu de précipitations empêchent sa transformation en bog. Dans un autre exemple, le stade du bog est atteint assez rapidement à cause de l'abondance des précipitations ou de la faible teneur en minéraux des eaux souterraines et le bog peut prendre la forme d'un dôme convexe. Les conditions actuelles ne représentent qu'un court moment dans un long processus d'évolution naturelle. Il peut s'écouler une très longue période avant que certaines terres humides atteignent le stade "ultime" d'évolution, si jamais elles y parviennent. Néanmoins, l'évolution présentée à la figure 4–25 englobe la dimension temporelle.

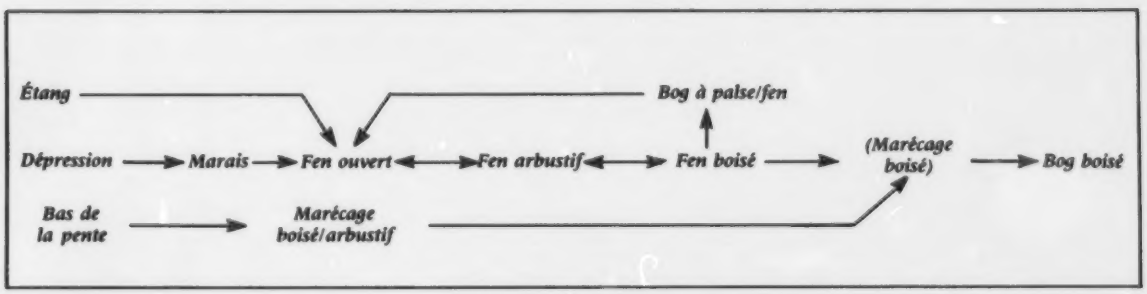
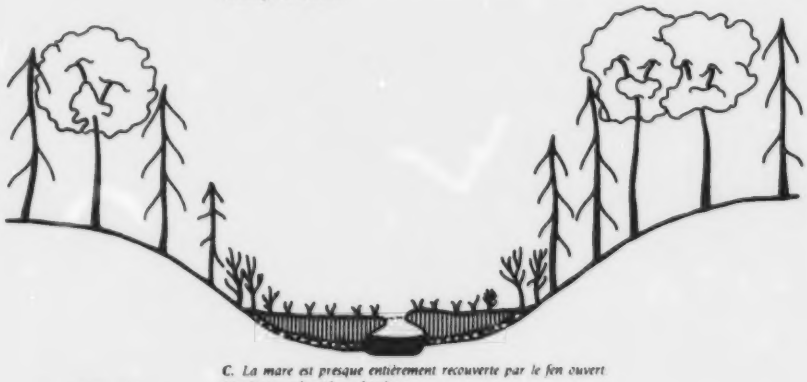


Figure 4–24.
Diagramme illustrant les tendances évolutives des terres humides dans les régions boréales.

Comme les terres humides sont des systèmes dynamiques, il va de soi qu'à l'époque actuelle, un certain nombre d'entre elles passent par une phase de transition entre une classe de terre humide et une autre. Il existe des terres humides qui ne sont ni des fens ni des bogs "purs". Les transitions peuvent prendre différentes formes. Dans un fen, il peut y avoir de petits coussins de mousse où règnent des conditions de bog. Si les conditions sont favorables, de tels coussins peuvent se fusionner et créer un tapis de bog, qui couvre le fen. Par contre, de petites dépressions abritant une végétation de fen (des "fenêtres de fen") peuvent persister sur les tapis de bog et, dans d'autres milieux, certaines espèces végétales, propres aux fens et ayant des racines profondes, peuvent s'alimenter aux eaux souterraines du fen, bien au-dessous de la surface du bog. En présence de telles phases de transition, le classement devient difficile : c'est tenter d'imposer à

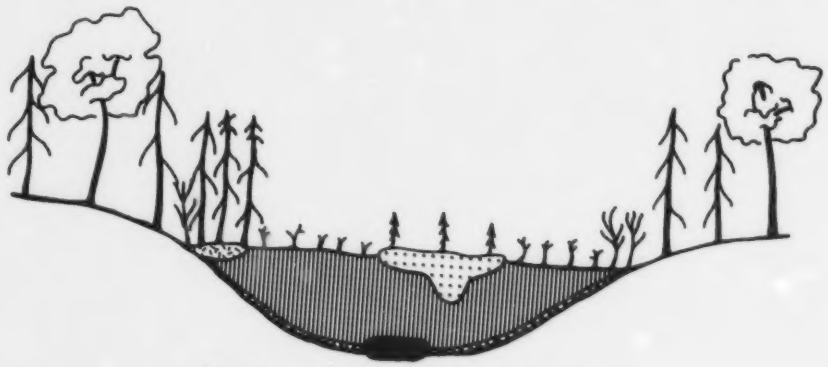
A. *Stade initial : petite mare, marais et marécages arbustifs en bordure*

B. *Début de la formation du fen autour de la mare. Marécages arbustifs en bordure*

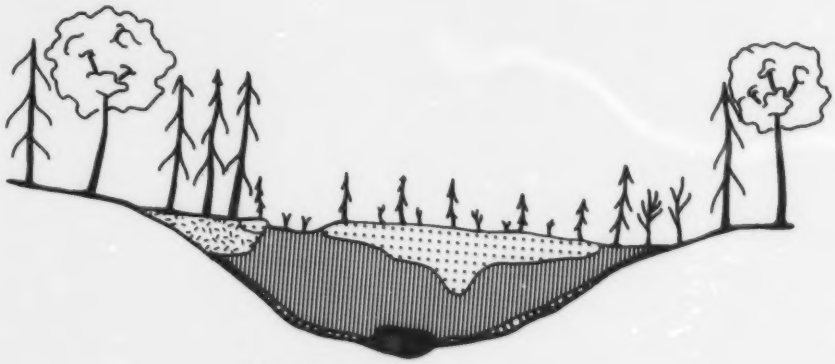


C. *La mare est presque entièrement recouverte par le fen ouvert. Marécages arbustifs en bordure.*

D. *Le fen occupe la dépression, le centre étant couvert d'arbustes clairsemés et les extrémités étant boisées. De petits îlots de bog peuvent commencer à se former. Marécages arbustifs ou boisés de conifères en bordure.*



E. Un bog se forme sur des parties des fens boisés et arbustifs ouverts. Marécages arbustifs supérieurs et boisés de conifères en bordure.



F. La terre humide est constituée essentiellement d'un bog, mais des fens peuvent y subsister sous forme d'étroites bandes qui drainent le trop plein d'eau. Marécages arbustifs supérieurs et boisés de conifères en bordure.

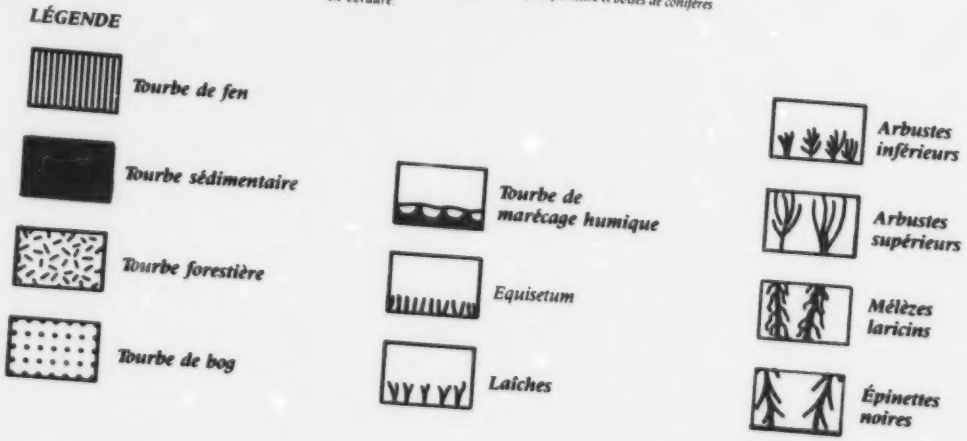


Figure 4–25.
Formation de terres humides dans les régions boréales.

un système dynamique un cadre statique de classification.

Le développement du pergélisol dans les tourbières, qui entraîne la formation de bogs de plateau tourbeux et de palse, est traité de façon détaillée au chapitre 3. D'après les observations recueillies, l'établissement d'une couverture isolante de *Sphagnum* amorce le développement du pergélisol. Ce processus soulève la surface de la tourbière au-dessus de la nappe phréatique, créant des bogs de plateau tourbeux ou de palse, selon la quantité d'eau disponible pour la formation de la glace. Les tourbières gelées poursuivent leur évolution jusqu'au stade de la surmaturation (Zoltai, 1972; Reid, 1974), provoquant le dégel du pergélisol et un effondrement de la tourbe dans le fen environnant.

Stabilité des terres humides

En général, les terres humides sont des écosystèmes stables où les changements sont rares. Quand ces changements font partie de l'évolution naturelle de la terre humide, la terre humide qui en résulte est stable. L'étude d'un "îlot" de bog boisé dans un fen minérotrophe en Alberta a révélé que le bog boisé avait commencé à se former sur une petite élévation du terrain minéral et qu'il était demeuré à peu près inchangé pendant plus de 6 600 ans jusqu'à l'époque actuelle malgré son encerclement par le fen (Zoltai et Johnson, 1985). La surface du bog a toujours dominé le fen de quelque 40 à 50 cm et a maintenu des conditions ombrotrophes en devançant continuellement l'accumulation de tourbe dans le fen. Loin d'être envahie par le fen, "l'îlot" de bog empiète sur le fen par une lente expansion latérale.

Quand une modification de l'écosystème de la terre humide résulte d'une intervention (naturelle ou artificielle) dans l'évolution naturelle du système, elle est de courte durée à moins d'être constante ou répétée. Une exception notable est le dégel des terres humides modifiées par le pergélisol, comme les bogs de plateau tourbeux et de palse. Dans les régions de terres humides boréales, le noyau central gelé de ces formes de terres humides est sujet au dégel, entraînant l'effondrement de la surface dans le fen environnant. Un tel affaissement peut se produire rapidement, c'est-à-dire en quelques années (Thie, 1974). L'effondrement peut être amorcé ou accéléré par des incendies, qui détruisent la végétation et consument la tourbe superficielle, ou par une perturbation du régime thermique causée par le soulèvement de la nappe phréatique. Dans certains bogs de plateau tourbeux ou de palse d'apparence sénescente, la tourbe superficielle sèche présente de larges fissures qui peuvent provoquer un effondrement. Le début de la formation du pergélisol dans les bogs de plateau tourbeux a été déterminé par la datation au radiocarbone de la base de la couche de *Sphagnum* qui reposait sur la tourbe de fen (Reid, 1974). Les dates de 1 580 et 1 700 ans ANE ont été établies ainsi et, déduction faite de la période de croissance de *Sphagnum* avant que les conditions du milieu permettent la formation de pergélisol, on a pu situer l'invasion du pergélisol à quelques 600 ans avant l'époque actuelle dans les bogs de plateau tourbeux du nord-ouest de l'Alberta.

On observe souvent des stades primitifs de formation de la tourbe (Zoltai, 1972; Reid, 1974) dans ces mêmes tourbières qui comptent des terrains effondrés, ce qui laisse croire à la possibilité d'une extension ou d'une dégradation du pergélisol dans les conditions climatiques actuelles. Il semble donc y avoir un fragile équilibre entre la formation et la dégradation du pergélisol dans les régions de terres humides boréales.

Accumulation de la tourbe

Les terres humides, particulièrement les tourbières, ont un bilan énergétique positif. L'énergie reçue dans le système est utilisée pour produire de la phytomasse dont seulement une fraction se décompose pour fournir des éléments nutritifs permettant une croissance additionnelle. Environ 10 % de la production annuelle primaire nette est emmagasinée sous forme de tourbe à l'intérieur des bogs dans le sud du Manitoba (Reader et Stewart, 1972). Selon d'autres auteurs, jusqu'à 70 % de l'apport énergétique serait emmagasiné sous forme de dépôts tourbeux (Terasmae, 1972).

La tourbe est composée de résidus de plantes qui poussaient à la surface du sol. À mesure que la tourbe s'accumulait sa surface est devenue le milieu de croissance (le sol) de la végétation subséquente de la tourbière. Donc il y a eu une certaine décomposition de la tourbe dans la rhizosphère, mais le volume de la tourbe a été augmenté par les résidus de racines de plantes qui y croissaient. Avec le dépôt continu de tourbe, le sol "actif" de la surface a été submergé de façon permanente dans la nappe phréatique et n'a plus connu de décomposition appréciable. Cependant, le poids des dépôts sus-jacents pourrait comprimer la tourbe, diminuant les interstices occupés par l'eau. Il est évident que la vitesse d'accumulation de la tourbe n'est qu'une mesure grossière de la production de phytomasse des tourbières.

Un taux moyen d'accumulation à long terme de la tourbe peut être obtenu par la datation au radiocarbone de la tourbe basale. On a calculé ce taux dans 19 tourbières des régions boréales, pour lesquelles il existe des données sur la stratigraphie de la tourbe (tableau 4–22), ainsi que dans 16 tourbières du bassin du lac glaciaire Agassiz (tableau 4–23). Le taux d'accumulation à long terme de la tourbe varie de 2.8 cm/100 ans dans le nord de l'Ontario à 10.6 cm/100 ans dans le sud du Manitoba, le taux moyen étant de 6.4 cm/100 ans. Des données additionnelles de la Commission géologique du Canada (tableau 4–24) ne fournissent pas de détails sur la stratigraphie de la tourbe, mais peuvent comprendre des échantillons de couches denses qui se sont déposées lentement. Seules les données qui indiquent

clairement que le matériel basal était de la tourbe et non une tourbe lacustre plus compacte ("gyttja") ont été retenues. Dans cette série de données, le taux moyen d'accumulation à long terme est de 5 cm/100 ans, une valeur considérablement inférieure à celles observées dans les tourbières dont la stratigraphie de la tourbe est connue. Reader et Stewart (1972) ont relevé des taux d'accumulation de 2.5 à 4.2 cm/100 ans dans quatre écosystèmes de bog différents du sud du Manitoba.

Le taux d'accumulation de la tourbe n'est pas constant dans le temps. Une série de datations au radiocarbone effectuées dans un bog sur le mont Porcupine au Manitoba (Nichols, 1969) montre que, malgré une accumulation globale de tourbe de 3.3 cm/100 ans, le taux a varié périodiquement de 2.3 à 7.4 cm/100 ans (tableau 4–25). Cette variation peut être liée à la composition végétale, au dégré de décomposition et à la compaction de la tourbe.

Une autre méthode de datation de la tourbe est la détermination des horizons repères de cendres volcaniques ("tephras"). Dans certaines régions de l'Ouest du Canada, les dépôts de tourbe contiennent trois couches de cendres volcaniques : (1) les cendres Mazama, dont l'origine remonte à environ 6 600 ans ANE (Powers et Wilcox, 1964); (2) le tephra "Y" de St. Helens, vieille d'environ 3 500 ans ANE (Westgate *et al.*, 1969); et (3) le tephra de la rivière Bridge, vieille d'environ 2 350 ans ANE (Mathewes et Westgate, 1980). Dans le sud du Yukon et les Territoires du Nord-Ouest adjacents, la cendre de la rivière White, dont l'origine a été située à environ 1 250 ans ANE (Lerbekmo *et al.*, 1975), constitue également un horizon repère utile.

En utilisant ces trois horizons repères de cendres volcaniques, Zoltai et Johnson (1985) ont découvert que le taux d'accumulation de la tourbe dans un complexe fen–bog près de Rocky Mountain House en Alberta était à peu près le même dans le fen et le bog (tableau 4–26). Le taux d'accumulation à long terme de la tourbe entre 6 600 ans ANE et l'époque actuelle était de 5 cm/100 ans dans le fen et de 5.2 cm/100 ans dans le bog boisé.

Zoltai et Johnson (1985) ont également calculé le taux d'accumulation de la matière organique dans le même complexe en déduisant le poids de la cendre dans la tourbe et en tenant compte de la densité globale de la tourbe sèche (tableau 4–26). Il ont obtenu de cette façon un taux d'accumulation à long terme de la matière organique de 39.1 g/m²/an dans le fen, et un taux un peu plus élevé dans le bog boisé, soit de 44.8 g/m²/an. Des taux d'accumulation de 27 à 52 g/m²/an ont été relevés par Reader et Stewart (1972) dans le sud du Manitoba.

Le taux de production de matières organiques peut aussi servir à estimer le taux d'emmagasinage du carbone dans les tourbières boréales. Comme le montre le tableau 4–26, le taux d'accumulation de la tourbe au cours de la période la plus récente, soit de 0 à 2 350 ans, semble représenter une valeur moyenne pour les tourbières boréales. En conséquence, le taux de 33.7 g/m²/an pour la production de matières organiques peut être considéré comme une valeur moyenne. On peut aussi obtenir la teneur en carbone organique des matières organiques des données analytiques sur la tourbe du sud du Manitoba (Mills *et al.*, 1977). La teneur en carbone organique de 76 échantillons de tourbe, dont la teneur en cendre était inférieure à 25 %, était de 56 %, avec un écart-type de 4.7 %. Un taux annuel d'accumulation de carbone organique de 18.9 g/m² sert donc d'approximation. Le calcul grossier de l'étendue des tourbières, basé sur la portion de territoire occupée par les régions boréales dans diverses provinces (Tarnocai, 1984), établit à 52 millions d'hectares la superficie des tourbières dans les régions de terres humides boréales au Canada, ce qui donne une capacité annuelle d'emmagasinement du carbone d'environ 9.8 millions de tonnes.

Âge des dépôts organiques

La disparition définitive des glaciers à la fin de la glaciation il y a 9 000 à 12 000 ans marque la plus ancienne période de formation possible des terres humides. En général cependant, plusieurs millénaires se sont écoulés avant le dépôt de matériaux organiques propres à la datation au radiocarbone. Les dates les plus anciennes de dépôts dans les terres humides ont été obtenues à l'aide de matériaux prélevés dans des étangs peu profonds qui ont par la suite été recouverts de tourbe (tableau 4–27). Les dates de couches basales varient entre 7 000 et 10 000 ans ANE, soit un décalage d'environ 2 000 ans par rapport à la disparition des glaciers.

L'âge de la tourbe basale dans les régions boréales varie beaucoup plus (tableaux 4–22, 4–23 et 4–24), soit de 9 000 à environ 3 000 ans ANE. Cet écart important peut s'expliquer en partie par l'histoire glaciaire de divers secteurs des régions de terres humides boréales. Il est évident que la plupart des dates relativement récentes de dépôt de tourbe basale sont celles obtenues dans le bassin du lac glaciaire Agassiz (tableau 4–24). La plupart des autres datations indiquent que le reste de ces tourbières boréales a commencé à se former entre 6 500 et 9 000 ans ANE. En supposant que la section de tourbe datée ne se trouve pas nécessairement toujours dans la section la plus ancienne de la tourbière, on peut donc croire que la plupart des tourbières sont apparues il y a 8 000 à 9 000 ans, quelque 2 000 ans après la disparition des glaciers.

Dans les basses terres de la baie James, la tourbe s'est déposée quelque 700 à 1 500 ans après que le sol a été mis à nu (Dionne, 1979). La tourbe dans cette région repose sur des racines et des branches d'arbre qui ont jusqu'à 1 500 ans de plus. Cela donne à penser que les forêts se sont développées sur le fond exposé des lacs ou des mers après un délai de 300 à 1 500 ans, et que les bogs se sont formés par turbification, entre 400 et 900 ans plus tard. La turbification est survenue à différentes époques et semble liée à des événements géologiques plutôt que climatiques.

Tableau 4–22. Datation au radiocarbone de tourbes basales et vitesses d'accumulation à long terme de la tourbe dans les régions de terres humides boréales

Emplacement	*Profondeur de l'échantillon (cm)*	*Datation au radiocarbone (années)*	*Numéro du laboratoire*	*Source*	*Vitesse d'accumulation de la tourbe (cm/100 ans)*
49°13' N, 80°37' O. Ont.	200	7 150±140	GSC–309	Terasmae (1970)	2.8
47°54' N, 71°10' O. Qué.	413	8 510±140	GSC–1417	Richard (1973a)	4.8
48°22' N, 71°32' O. Qué.	360	4 600±95	I–7289	Richard (1973a)	7.8
46°53' N, 71°48' O. Qué.	550	7 970±140	GSC–1400	Richard (1973b)	6.9
52°22' N, 102°37' O. Sask.	190	3 415±165	S–2570	Le présent document	5.6
53°58' N, 104°52' O. Sask.	239	3 750±120	S–2573	Le présent document	6.4
55°11' N, 105°20' O. Sask.	360	8 010±170	S–2576	Le présent document	4.5
54°39' N, 105°33' O. Sask.	485	7 400±170	S–2579	Le présent document	6.6
55°54' N, 108°35' O. Sask.	420	6 855±160	S–2582	Le présent document	6.1
54°28' N, 107°51' O. Sask.	360	4 215±175	S–2584	Le présent document	8.5
52°51' N, 116°28' O. Alb.	202	4 460±170	BGS–771	Le présent document	4.5
54°45' N, 115°52' O. Alb.	548	8 940±240	BGS–778	Le présent document	6.1
54°58' N, 112°00' O. Alb.	288	6 900±240	BGS–780	Le présent document	4.2
54°37' N, 112°09' O. Alb.	236	2 900±160	BGS–784	Le présent document	8.1
55°51' N, 115°09' O. Alb.	296	4 400±150	BGS–790	Le présent document	6.7
50°18' N, 77°24' O. Qué.	275	6 890±120	QU–499	Dionne (1979)	4.0
50°30' N, 77°48' O. Qué.	200	5 840±100	QU–495	Dionne (1979)	3.4
51°22' N, 77°45' O. Qué.	300	5 020±100	QU–493	Dionne (1979)	6.0
50°42' N, 79°20' O. Qué.	275	3 830±120	QU–497	Dionne (1979)	7.2

Tableau 4–23. Datation au radiocarbone de tourbe basale (T) et de dépôts organiques lacustres basaux (L) et vitesses d'accumulation de la tourbe dans le bassin du lac glaciaire Agassiz en Ontario, au Manitoba et en Saskatchewan

Emplacement	*Profondeur de l'échantillon (cm)*	*Position stratigraphique*	*Datation au radiocarbone (année)*	*Numéro du laboratoire*	*Source*	*Vitesse d'accumulation de la tourbe (cm/100 ans)*
49°48' N, 94°27' O. Ont.	450	T sur L	4 850±60	—	McAndrews (1982)	9.3
49°24' N, 95°22' O. Man.	350	T sur un sol minéral	3 685±240	S–2468	Le présent document	9.5
49°49' N, 95°18' O. Man.	205	T sur L	3 240±235	S–2466	Le présent document	6.3
	470	L sur un sol minéral	4 980±270	S–2467	Le présent document	—
50°04' N, 95°33' O. Man.	172	T sur L	3 210±130	S–2469	Le présent document	5.4
	230	L sur un sol minéral	5 400±170	S–2470	Le présent document	—
50°35' N, 95°27' O. Man.	390	T sur L	4 275±255	S–2471	Le présent document	9.1
	590	L sur un sol minéral	6 120±310	S–2472	Le présent document	—
51°25' N, 96°53' O. Man.	459	T sur un sol minéral	4 340±155	S–2473	Le présent document	10.6
52°53' N, 99°08' O. Man.	75	T sur un sol minéral	940±60	OIS–173	Nichols (1969)	8.0
53°18' N, 99°16' O. Man.	282	T sur un sol minéral	4 180±120	BGS–854	Le présent document	6.7
53°28' N, 101°29' O. Man.	338	T sur un sol minéral	4 550±100	BGS–852	Le présent document	7.4
54°16' N, 99°09' O. Man.	240	T sur un sol minéral	4 900±100	BGS–868	Le présent document	4.9
54°18' N, 101°16' O. Man.	256	T sur un sol minéral	4 640±100	BGS–856	Le présent document	5.5
53°59' N, 101°12' O. Man.	153	T sur un sol minéral	4 670±130	GSC–410	Dyck *et al.* (1966)	3.3
54°36' N, 98°34' O. Man.	260	T sur un sol minéral	4 500±120	GSC–1958	Lowdon *et al.* (1977)	5.8
54°36' N, 101°26' O. Man.	225	T sur un sol minéral	2 970±100	BGS–864	Le présent document	7.6
54°53' N, 102°05' O. Sask.	308	T sur L	5 975±210	S–2571	Le présent document	5.2
	400	L sur un sol minéral	7 255±250	S–2572	Le présent document	—
55°04' N, 101°36' O. Man.	330	T sur un sol minéral	4 550±100	BGS–859	Le présent document	7.2

Le bassin du lac glaciaire Agassiz, qui s'étend actuellement sur la majeure partie du Manitoba et des portions importantes du territoire de la Saskatchewan et de l'Ontario, mérite une attention particulière. Au Canada, le lac s'est formé après la fonte des glaces à la fin de la glaciation il y a environ 11 000 ans (Fenton *et al.*, 1983), son niveau s'abaissant à mesure que de nouveaux dégorgeoirs plus bas se formaient. Le sud du Manitoba s'est asséché il y a 9 200 ans, mais le lac a continué de recouvrir la plus grande partie du centre de la province ainsi que de vastes portions de la Saskatchewan et de l'Ontario jusqu'à environ 8 700 ans ANE (Klassen, 1983). Il est finalement disparu de la partie centrale du bassin il y a environ 7 500 ans ANE. Le sud du bassin est donc devenu un lieu propice à la formation de terres humides beaucoup plus

Tableau 4–24. ***Datation au radiocarbone de la tourbe basale et vitesse d'accumulation de la tourbe, d'après les calculs du laboratoire de datation au radiocarbone de la Commission géologique du Canada***

Emplacement	*Profondeur de l'échantillon (cm)*	*Datation au radiocarbone (années)*	*Numéro de laboratoire*	*Source*	*Vitesse d'accumulation de la tourbe (cm/100 ans)*
47°58' N, 69°26' O, Qué.	250	6 970±100	GSC–112	Dyck et Fyles (1963)	3.6
49°01' N, 79°05' O, Qué.	300	6 460±140	GSC–788	Lowdon *et al.* (1971)	4.6
47°34' N, 79°45' O, Ont.	300	5 780±100	GSC–15	Dyck et Fyles (1963)	5.2
54°34' N, 84°40' O, Ont.	290	5 580±150	GSC–247	Dyck *et al.* (1965)	5.2
45°23' N, 75°31' O, Ont.	244	6 750±150	GSC–548	Lowdon *et al.* (1968)	3.6
46°13' N, 82°56' O, Ont.	390	8 760±250	GSC–514	Lowdon *et al.* (1968)	4.4
54°10' N, 116°54' O, Alb.	310	8 560±170	GSC–525	Lowdon *et al.* (1968)	3.6
54°34' N, 116°48' O, Alb.	320	4 150±140	GSC–674	Lowdon et Blake (1968)	7.7
54°42' N, 116°00' O, Alb.	410	8 320±260	GSC–500	Lowdon *et al.* (1968)	4.9
51°05' N, 121°59' O, C.-B.	630	9 210±150	GSC–511	Lowdon et Blake (1968)	6.8

Tableau 4–25. ***Vitesse d'accumulation de la tourbe dans un bog situé sur le Mont Porcupine au Manitoba***

Emplacement	*Profondeur de l'échantillon (cm)*	*Datation au radiocarbone (années)*	*Numéro de laboratoire*	*Longueur de la section (cm)*	*Vitesse d'accumulation de la tourbe (cm/100 ans)*
52°31' N, 101°15' O	50	1 170±60	WIS–287	0–50	4.3
	80	2 000±55	WIS–289	50–80	3.6
	100	2 270±60	WIS–303	80–100	7.4
	145	4 180±75	WIS–286	100–145	2.3
	170	5 140±75	WIS–308	145–170	2.6
Moyenne	—	—	—	0–170	3.3

Source : Nichols (1969).

tôt (9 200 ans ANE) que le nord (7 500 à 8 000 ans ANE).

D'après les analyses de pollen (Ritchie, 1983), le climat post-glaciaire était initialement froid. De 13 000 à 10 000 ans ANE, la température estivale moyenne variait de 5 à 10°C (température estivale moyenne aujourd'hui : 13.5°C). Entre 10 000 et 6 500 ans ANE, le climat est devenu chaud et sec, avec des températures estivales de 15 à 17°C et des précipitations de 10 à 20 % inférieures à celles que l'on observe aujourd'hui. De 6 500 à 3 000 ans ANE le climat est demeuré chaud, mais les précipitations ont augmenté jusqu'à des niveaux proches de ceux qui existent actuellement. Il y a environ 2 500 ans ANE, le régime climatique actuel s'est établi dans la région du lac glaciaire Agassiz. Selon Last et Teller (1983), les sédiments du lac Manitoba, un important vestige du lac Agassiz, permettent de situer la fin de la période sèche à environ 4 500 ans ANE.

La datation au radiocarbone révèle que la sédimentation a été retardée après la glaciation pendant une période allant jusqu'à 5 000 ans. Ce fait semble confirmer l'hypothèse selon laquelle le climat, plus chaud et plus sec qu'à l'époque actuelle, n'était pas propice à la formation de la tourbe après la disparition du lac glaciaire Agassiz. La tourbe a pu commencer de se former entre 4 300 et 4 800 ans ANE dans le nord, et entre 3 200 et 3 700 ans ANE dans le sud du bassin. Il semble que le retard dans l'établissement des tourbières, causé par la présence du lac Agassiz, soit survenu à un moment critique pour la formation de ces terres. Les tourbières déjà établies ont prospéré au cours de la période chaude et sèche, mais aucune nouvelle tourbière n'a pu commencer à se former dans le bassin. Des tourbières sont égale-

Tableau 4–26. ***Vitesse d'accumulation de tourbe et de matière organique en deux endroits dans un complexe de fen–bog, calculés à partir d'horizons de cendres volcaniques***

Couche de tephra et période	*Vitesse d'accumulation de tourbe (cm/100 ans)*		*Vitesse d'accumulation de matière organique (g/m/an)*	
	Fen	*Bog boisé*	*Fen*	*Bog boisé*
Bridge River 0–2 350 ans	4.3	4.9	36.1	31.3
St. Helens "Y" 2 350–3 500 ans	5.2	4.3	38.0	37.3
Mazama 3 500–6 600 ans	5.4	5.8	41.7	57.8

Source : Zoltai et Johnson (1985).

Tableau 4–27. Datation au radiocarbone de tourbe lacustre basale ("gyttja") située sous la tourbe des régions de terres humides boréales

Emplacement	Profondeur de l'échantillon (cm)	Datation au radiocarbone (année)	Numéro du laboratoire	Source
45°57' N, 76°04' O. Qué.	895	9 910±200	GSC–680	Lowdon et Blake (1970)
45°32' N, 75°30' O. Ont.	515	7 650±210	GSC–681	Lowdon et Blake (1970)
45°08' N, 74°56' O. Ont.	475	9 430±140	GSC–8	Dyck et Fyles (1963)
46°03' N, 77°22' O. Ont.	760	9 540±250	GSC–177	Dyck *et al.* (1965)
46°13' N, 82°56' O. Ont.	390	8 760±250	GSC–514	Lowdon *et al.* (1968)
49°02' N, 80°59' O. Ont.	600	7 380±140	GSC–624	Lowdon *et al.* (1968)
51°23' N, 84°31' O. Ont.	412	7 140±170	GSC–831	Lowdon et Blake (1970)
51°26' N, 93°43' O. Ont.	427	8 860±250	GSC–9	Dyck et Fyles (1963)
52°43' N, 105°13' O. Sask.	280	7 100±150	GSC–539	Lowdon *et al.* (1968)

ment apparues à des époques reculées dans d'autres parties des régions boréales.

Valeurs des terres humides boréales

Un grand nombre de terres humides boréales sont relativement accessibles à la population en raison de leur proximité des régions habitées du Canada: elles sont donc de plus en plus utilisées et cela entrainera inévitablement des changements dans les écosystèmes naturels. Nous présentons ci-après un aperçu de la valeur des terres humides boréales, actuellement ou potentiellement accessibles.

L'environnement naturel

Les terres humides boréales abritent diverses espèces fauniques. Les complexes d'eaux peu profondes et de marais sont de loin les terres humides les plus importantes à ce chapitre. Le delta Paix–Athabasca peut servir d'exemple : il constitue une étape vitale de la route de migration annuelle de près d'un million d'oiseaux, dont des cygnes, trois espèces d'oies et 14 espèces de canards (Griffiths et Townsend, 1985). Le delta constitue la limite nord du territoire de reproduction de 19 espèces d'oiseaux, y compris la rare grue blanche d'Amérique (*Grus americana*). Il est l'habitat de 42 espèces de mammifères allant des musaraignes et des chauve-souris aux lynx et aux loups. Le plus gros troupeau au monde de bisons (*Bison bison*) en liberté broute dans les prairies de *Carex atherodes* du delta.

Les fens, et particulièrement les bogs, présentent des habitats beaucoup moins variés, reflet de leur faune considérablement plus simple. Peu d'espèces fauniques choisissent pour habitat les tourbières dominées de *Picea*, mais grand nombre les traversent et en profitent pour s'y nourrir et s'y abriter (Muir, 1977). Néanmoins, les terres humides boréales peuvent constituer un habitat faunique important. Dans les régions montagneuses, les terres humides recouvertes de laiches et d'arbustes sont extrêmement importantes l'hiver pour le wapiti (*Cervus elaphus*), l'orignal (*Alces alces*), le loup (*Canis lupus*) et le coyote (*Canis latrans*) (Holroyd et Van Tighem, 1983). Ces terres humides sont également essentielles pour les petits mammifères, particulièrement le campagnol des champs (*Microtus pennsylvanicus*), la souris sauteuse de l'Ouest (*Zapus princeps*), le campagnol-lemming boréal (*Synaptomys borealis*) et la musaraigne cendrée (*Sorex cinereus*). Vingt-huit espèces d'oiseaux nichent dans ces habitats, y compris le butor d'Amérique (*Botaurus lentiginosus*), la crécerelle d'Amérique (*Falco sparverius*), la moucherolle des saules (*Empidonax traillii*) et la paraline jaune (*Dendroica petechia*). Ces terres sont le lieu de reproduction de la grenouille des bois (*Rana sylvatica*), de la salamandre à longs doigts (*Ambystoma macrodactylum*) et du crapeau de l'Ouest (*Bufo boreas*).

La sauvagine utilise peu les tourbières comparativement aux marais. Une étude des lacs et des étangs des régions boréales (tableau 4–28) a révélé que les plans d'eau bordés de marais étaient beaucoup plus utilisés par les canards que les étangs bordés de fens de rivage tourbeux (Donaghey, 1974). De plus, les canards passent plus de temps à se reposer et à se détendre dans les autres habitats qu'à se nourrir dans les étangs accompagnés de fens. On a répertorié 15 espèces de canards dans les habitats bordant les lacs, mais six d'entre elles, les barboteurs représentés par le canard pilet (*Anas acuta*) et le canard chipeau (*Anas strepera*), et des plongeurs représentés par le morillon à tête rouge (*Aythya americana*), le morillon à dos blanc (*Aythya valisineria*), la macreuse à ailes blanches (*Melanitta fusca*) et le canard roux (*Oxyura jamaicensis*), ne fréquentent pas les étangs associés à des fens. La grue du Canada (*Grus canadensis*) est souvent observée dans les fens, mais non dans les bogs, tout comme les bruyants chevaliers, petits et grands (*Tringa flavipes* et *Tringa melanoleuca*).

Parmi les animaux à fourrure, le castor (*Castor canadensis*) et le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) sont d'importants utilisateurs des terres humides boréales. Les eaux courantes tant que stagnantes conviennent au

Tableau 4–28. Utilisation des habitats de rivage de lacs et d'étangs, sur deux ans en moyenne, par la sauvagine pendant la période de nidification, calculée en heures et représentant des unités de rivage semblables

Type de terres humides	*pH de l'eau*	*Conductivité (mS/cm)*	*Canards barboteurs*		*Canards plongeurs*	
			Heures d'utilisation	*Nombre d'espèces*	*Heures d'utilisation*	*Nombre d'espèces*
Rivage de lacs marécageux à prédominance de laiches	8.7	0.396	137.5	5	1 104.6	8
Étang peu profond à typhas	8.4	0.400	255.2	6	2 142.7	8
Étang de fen	8.6	0.240	96.2	4	422.2	4

Source : Donaghey (1974).

castor (Todd, 1978) à condition qu'il existe une source d'eau adéquate et suffisamment de nourriture. De tels habitats se trouvent le long des cours d'eau canalisés souvent associés aux marécages. Le rat musqué par contre préfère les eaux stagnantes bordées de marais. Le castor et le rat musqué semblent aucunement utiliser les fens et les bogs, étant donné que ces secteurs n'offrent pas les habitats aquatiques dont ces animaux ont besoin (Todd, 1978).

On trouve souvent l'orignal dans les fens et les marécages où abonde *Salix*, son fourrage préféré (Berg et Phillips, 1974). Les bogs ne sont pas largement utilisés par les ongulés ou les animaux à fourrure, mais ils forment une partie essentielle de l'habitat du caribou des bois (*Rangifer tarandus caribou*) (Fuller et Keith, 1981). Dans le nord-est de l'Alberta, le bog à conifères constitue le type de forêt le plus fréquenté par le caribou des bois, bien que la densité des animaux soit faible (un individu par 32 km²).

Le riz sauvage (*Zizania palustris*), très répandu dans les eaux peu profondes (de 0.5 à 1 m) des rivages des lacs de la région boréale, est récolté à des fins alimentaires. En 1983, le Canada en a produit 750 000 kg, surtout dans les terres humides boréales (Archibold *et al.*, 1985).

Les terres humides boréales offrent souvent des possibilités uniques d'appréciation et d'étude de l'environnement naturel. Par exemple, le bog Wagner, un milieu naturel de fens sourceux et de marécages à conifères situé à 13 km de la ville d'Edmonton en Alberta, possède une flore et une faune remarquablement diversifiées. Quinze des 25 espèces d'orchidées d'Alberta s'y trouvent (Thormin, 1982a), et des douzaines d'espèces d'oiseaux y compris cinq espèces de hiboux, des moucherolles, des sittelles, des fauvettes, des pinsons moineaux et des petits échassiers y vivent (Thormin, 1982c). Le bog Wagner est également riche en espèces de papillons, dont certaines sont propres aux tourbières, comme *Oeneis jutta*, *Erebia disa*, *Boloria eunomia*, *Boloria selene* et *Boloria titania* (Thormin, 1982b). Dans ce complexe de terres humides, les gens peuvent s'adonner à des activités très diversifiées, à quelques minutes de voiture seulement d'une grande région métropolitaine.

Si l'observateur occasionnel peut facilement apprécier les fonctions de captage et de stockage des eaux des terres humides, celles-ci sont peu étudiées. Comme les lacs, les terres humides emmagasinent l'eau dans des bassins de dépressions. Certaines tourbières peuvent emmagasiner une grande quantité d'eau au-dessus de la nappe phréatique gravitaire et permettent ainsi de stocker beaucoup plus d'eau. Par contre, les terres humides donnent lieu à des pertes d'eau non seulement par évaporation, mais aussi à cause de la transpiration des plantes qui y croissent.

Utilisation des terres humides

Diverses utilisations, comme la chasse ou le piégeage, n'ont d'effet sur les terres humides que par la récolte des animaux. Certaines terres, particulièrement les marais, produisent annuellement une énorme quantité de sauvagine (oies, canards) pour les chasseurs, et de nombreux trappeurs tirent leur subsistance des peaux de rats musqués piégés chaque année dans ces secteurs.

D'autres utilisations, cependant, modifient de façon appréciable certaines terres humides boréales. Au niveau local, le déboisement et l'assèchement des terres à des fins agricoles sont des pratiques très répandues, surtout pour la production de foin et de pâturage, puisque le climat boréal ne favorise pas des cultures plus intensives. Toutefois, les parties limitrophes des régions de terres humides boréales renferment de vastes secteurs humides qui pourraient être convertis en terres agricoles marginalement productives. De même, la pratique d'augmenter la productivité des arbres en abaissant la nappe phréatique dans les fens, les marécages et les bogs boisés est en voie de dépasser l'étape expérimentale. Ces dernières années, plusieurs milliers d'hectares de terres humides en Ontario et en Alberta ont été entourés de fossés dans le but de favoriser la croissance des arbres.

Parmi les autres utilisations des terres humides, mentionnons la récolte de tourbe à des fins horticoles ou de chauffage. En horticulture, on préfère la tourbe de *Sphagnum* fibreuse des bogs. Il existe un certain

nombre d'usines de transformation de la tourbe dans les régions de terres humides boréales. Au Manitoba, trois usines ont traité 41 000 tonnes de tourbe en 1978 (Bannatyne, 1980), et un grand nombre de dépôts exploitables additionnels ont été recensés. Il est possible d'utiliser la tourbe comme combustible, mais, actuellement, la conjoncture économique ne favorise pas cet emploi au Canada. Grâce à la technologie on met constamment au point des méthodes nouvelles et plus économiques de production de la tourbe comme combustible. En Europe, on est arrivé au stade de la production avec les procédés de fabrication d'agglomérés, de carbonisation humide et de gazéification de la tourbe. La tourbe de fen modérément bien décomposée, qui abonde dans de nombreux secteurs des régions de terres humides boréales, est un excellent combustible.

Bien qu'elles ne visent pas directement les terres humides boréales, certaines utilisations des terres peuvent quand même les modifier. L'aménagement de réservoirs pour la production d'électricité a nécessité l'inondation de vastes étendues de terres basses, y compris des terres humides. Les fertilisants, les herbicides, les pesticides et les pluies acides s'infiltrent dans les terres humides et modifient le régime des éléments nutritifs ou les composantes biotiques. De plus, certains chercheurs ont proposé d'utiliser divers types de terres humides pour évacuer les eaux usées en raison de la capacité élevée d'absorption de la tourbe (Hartland-Rowe et Wright, 1974). La modification de l'habitat dans les marais crée ou améliore des milieux appropriés à la sauvagine au détriment des fonctions et des valeurs naturelles de ces terres.

Vu leur étendue, les terres humides boréales peuvent continuer d'être utilisées de façon plus ou moins destructrice. Cependant, dans certaines régions, on risque de détruire certaines terres humides très importantes. Dans certaines provinces on a amorcé des programmes de conservation des terres humides en fonction de l'importance de terres humides particulières à l'échelle régionale et locale. Toutefois, il y a, partout dans les régions de terres humides boréales, de vastes secteurs pour lesquels il n'existe encore aucun plan d'utilisation et de conservation tenant compte de l'écologie. Il est infiniment préférable d'établir dès aujourd'hui des politiques et des programmes rationnels de conservation des terres humides que de tenter de récupérer demain des terres profondément perturbées.

Remerciements

Les commentaires de révision de G. Adams, P. Grondin, H. Hirvonen, J. Pojar, C. Rubec et H. Veldhuis ont facilité l'achèvement de ce chapitre. P. Grondin a fourni les données sur les fens pennés du Québec. R. Coulombe a également fourni des données et une ébauche de texte concernant les fens boréaux.

Bibliographie

ÅHMAN, R., 1977. Palsar i Nordnorge. Université Royale de Lund, Suède. Séries du Département de géographie. Avhandlingar No. 78. 165 p.

ANDERSSON, G., ET H. HESSELMAN. 1907. Vegetation och flora i Hamra kronopark Medd. Statens Skogsförsöksanst. 4:35–102.

ARCHIBOLD, O.W., B.J. WEICHEL,, ET J.E. FITZGIBBON. 1985. Factors in the ecology of wild rice in northern Saskatchewan. Le Géographe canadien 29:100–112.

AUER, V. 1920. Über die Entstehung der Stränge auf den Torfmooren. Acta Forestalia Fennica 12:23–125.

BANNATYNE, B.B. 1980. *Sphagnum* bogs in southern Manitoba and their identification by remote sensing. Mineral Resources Division, Manitoba Department of Energy and Mines. Economic Geology Report nº ER79-7. Winnipeg, Manitoba. 103 p.

BAYROCK, L.A., ET J.D. ROOT. 1971. Geology and geologic history of the Peace–Athabasca Delta area: a summary. *Dans* Compte rendu, Peace–Athabasca Delta Symposium. Université d'Alberta, Edmonton, Alberta. p. 28–31.

BERG, W.E., ET R.L. PHILLIPS. 1974. Habitat use by moose in northeastern Minnesota with reference to other heavily willowed areas. Le Naturaliste canadien 101:101–116.

BIRD, R.D. 1961. Ecology of the aspen parkland of western Canada in relation to land use. Ministère de l'Agriculture du Canada. Publication nº 1066. Ottawa, Ontario. 155 p.

BOSTOCK, H.S. 1970. Physiographic subdivisions of Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Série de la géologie économique, rapport n° 1. 5e édition, p. 9–30.

BROWN, G. 1980. Palsas and other permafrost features in the lower Rock Creek valley, west–central Alberta. Arctic and Alpine Research 12:31–40.

BROWN, R.J.E. 1970. Occurrence of permafrost in Canadian peatlands. *Dans* Compte rendu du 3ème Congrès international sur la tourbe. Conseil national de recherches du Canada, p. 174–181.

BRYSON, R.A. 1966. Air masses, streamlines, and the boreal forest. Geographical Bulletin 8:228–269.

CAJANDER, A.K. 1913. Studien über die Moore Finlands. Acta Forestalia Fennica. Volume 2.

COUILLARD, L., ET P. GRONDIN. 1986. La végétation des milieux humides du Québec. Les publications du Québec. Ministère de l'Environnement du Québec. Québec, Québec. 400 p.

DIONNE, J.C. 1979. Radiocarbon dates on peat and tree remains from James Bay area, subarctic Quebec. Journal canadien de la recherche des forêts 9:125–129.

DIONNE, J.C. 1984. Palses et limite méridionale du pergélisol dans l'Hémisphère Nord: le cas de Blanc-Sablon, Québec. Géographie physique et Quaternaire 38:165–184.

DIRSCHL, H.J. 1972. Geobotanical processes in the Saskatchewan River Delta. Journal canadien des sciences de la terre 9:1529–1549.

DONAGHEY, R.H. 1974. Waterfowl use of boreal forest waterbodies near Utikuma Lake, northern Alberta. Canards illimités (Canada). Edmonton, Alberta. Inédit. 97 p.

DYCK, W., ET J.G. FYLES. 1963. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, I and II. Commission géologique du Canada. Rapport 63-21. Ottawa, Ontario. 31 p.

DYCK, W., J.G. FYLES, ET W. BLAKE, JR. 1965. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, IV. Commission géologique du Canada. Rapport 65-4. Ottawa, Ontario. 23 p.

DYCK, W., J.A. LOWDON, J.G. FYLES, ET W. BLAKE, JR. 1966. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, V. Commission géologique du Canada. Rapport 66-48. Ottawa, Ontario. 32 p.

ENGLISH, M.C. 1979. Some aspects of the ecology and environment of the Slave River Delta, NWT, and some implications of upstream impoundment. Thèse de maîtrise en sciences, Université de l'Alberta, Edmonton, Alberta. 246 p.

FENTON, M.M., S.R. MORAN, J.T. TELLER, ET L. CLAYTON. 1983. Quaternary stratigraphy and history in the southern part of the Lake Agassiz basin. *Dans* Glacial Lake Agassiz. J.T. Teller et L. Clayton, directeurs de publication. Association géologique du Canada. Rapport spécial nº No. 26. p. 49–74.

FOSTER, D.R., G.A. KING, P.H. GLASER, ET H.E. WRIGHT, JR. 1983. Origin of string patterns in boreal peatlands. Nature 306:256–258.

FULLER, T.K., ET L.B. KEITH. 1981. Woodland caribou population dynamics in northeastern Alberta. Journal of Wildlife Management 45:197–213.

FULLER, W.A., ET G.H. LA ROI. 1971. Historical review of biological resources of the Peace–Athabasca Delta. *Dans* Compte rendu, Peace–Athabasca Delta Symposium. Université d'Alberta, Edmonton, Alberta. p. 153–173.

GAUTHIER, R. 1980. La végétation des tourbières et les sphaignes du parc de Laurentides, Québec. Laboratoire d'écologie forestière, Université Laval. Études écologiques nº 3. Québec, Québec. 634 p.

GLASER, P.H., ET J.A. JANSSENS. 1986. Raised bogs in eastern North America: transitions in landforms and gross stratigraphy. Journal canadien de botanique 64:395–415.

GLASER, P.H., G.A. WHEELER, E. GORHAM, ET H.E. WRIGHT, JR. 1981. The patterned mires of the Red Lake peatland, northern Minnesota: vegetation, water chemistry and landforms. Journal of Ecology 69:575–599.

GRIFFITHS, D.E., ET G.H. TOWNSEND. 1985. Northern deltas—oases for wildlife. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. 2 cartes.

GRONDIN, P., ET J. OUZILLEAU. 1980. Les tourbières du sud de la Jamésie. Géographie physique et Quaternaire 34:267–299.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. Canada, les terres humides–cartes des régions de terres humides et de leur distribution au Canada. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

HARTLAND-ROWE, R.C.B., ET P.B. WRIGHT. 1974. Swamplands for sewage effluents. Programme écologique et social, Pipelines du Nord. Groupe d'étude de la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 74–4. Ottawa, Ontario. 137 p.

HEINSELMAN, M.L. 1963. Forest sites, bog processes, and peatland types in the Glacial Lake Agassiz region, Minnesota. Ecological Monographs 33:327–372.

HOEKSTRA, P. 1966. Moisture movements in soils under temperature gradients with the cold-side temperature below freezing. Water Resources Research 2:241–250.

HOLROYD, G.L., ET K.J. VAN TIGHEM. 1983. Ecological (biophysical) land classification of Banff and Jasper national parks. Volume III. The wildlife inventory. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Edmonton, Alberta. p. 445–691.

JEGLUM, J.K. 1971. Plant indicators of pH and water level in peatlands at Candle Lake, Saskatchewan. Journal canadien de botanique 49:1661–1676.

JEGLUM, J.K., ET D.W. COWELL. 1982. Wetlands ecosystems near Kinoje Lakes, southern interior Hudson Bay Lowland. Le Naturaliste canadien 109:621–635.

KJEARSGAARD, A.A. 1972. Soil survey of the Tawatinaw map sheet (83-I). Alberta Institute of Pedology. Rapport nº S-72-29. Edmonton, Alberta. 103 p.

KLASSEN, R.W. 1983. Lake Agassiz and the Late Glacial history of northern Manitoba. *Dans* Glacial Lake Agassiz. J.T. Teller et L. Clayton, directeurs de publication. Association géologique du Canada. Rapport spécial nº 26, p. 97–115.

LAST, W.M., ET J.T. TELLER. 1983. Holocene climate and hydrology of the Lake Manitoba basin. *Dans* Glacial Lake Agassiz. J.T. Teller et L. Clayton, directeurs de publication. Association géologique du Canada. Rapport spécial nº 26, p. 333–353.

LERBEKMO, J.F., J.A. WESTGATE, D.G.W. SMITH, ET G.H. DENTON. 1975. New data on the character and history of the White River volcanic eruption, Alaska. *Dans* Quaternary Studies. R.P. Suggate et M.M. Cresswell, directeurs de publication. Royal Society of New Zealand. Wellington, Nouvelle-Zélande. p. 203–209.

LOWDON, J.A., ET W. BLAKE, JR. 1968. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, VII. Commission géologique du Canada. Rapport 68-2, partie B. Ottawa, Ontario. p. 207–245.

LOWDON, J.A., ET W. BLAKE, JR. 1970. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, IX. Commission géologique du Canada. Rapport 70-2. Ottawa, Ontario. p. 46–86.

LOWDON, J.A., J.G. FYLES, ET W. BLAKE, JR. 1967. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, VI. Commission géologique du Canada. Rapport 67-2, partie B. Ottawa, Ontario. 42 p.

LOWDON, J.A., I.M. ROBERTSON, ET W. BLAKE, JR. 1971. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, XI. Commission géologique du Canada. Rapport 71–1. Ottawa, Ontario. p. 255–324.

LOWDON, J.A., I.M. ROBERTSON, ET W. BLAKE, JR. 1977. Geological Survey of Canada radiocarbon dates, XVII. Commission géologique du Canada. Rapport 77–7. Ottawa, Ontario. 25 p.

LUNDQVIST, J. 1962. Patterned ground and related frost phenomena in Sweden. Sveriges Geologiska Undersokning. Série C, nº 583. 101 p.

MATHEWES, R.W., ET J.A. WESTGATE. 1980. Bridge River tephra: revised distribution and significance of detecting old carbon errors in radiocarbon dates of limnic sediments in southern British Columbia. Journal canadien des sciences de la terre 17:1454–1461.

MCANDREWS, J.H. 1982. Holocene environment of a fossil bison from Kenora, Ontario. Ontario Archeologist 37:41–51.

MILLS, G.F., L.A. HOPKINS, ET R.E. SMITH. 1977. Organic soils of the Roseau River watershed in Manitoba. Ministère de l'Agriculture du Canada. Monographie n° 17. Winnipeg, Manitoba. 69 p.

MUIR, R.D. 1977. Wildlife, conservation, and recreation. *Dans* Muskeg and the northern environment in Canada. H.W. Radforth et C.O. Brawner, directeurs de publication. University of Toronto Press. Toronto, Ontario. p. 352–366.

NICHOLS, H. 1969. The late quaternary history of vegetation and climate at Porcupine Mountain and Clearwater Bog, Manitoba. Arctic and Alpine Research 1: 155–167.

PIERPOINT, G. 1962. The sites of the Kirkwood Management Unit. Ministère des Terres et forêts de l'Ontario. Rapport de recherche nº 47. Toronto, Ontario. 91 p.

POWERS, H.A., ET R.E. WILCOX. 1964. Volcanic ash from St. Mazama (Crater Lake) and from Glacier Peak. Science 144:1334–1336.

RAILTON, J.B., ET J.H. SPARLING. 1973. Preliminary studies on the ecology of palsa mounds in northern Ontario. Journal canadien de botanique 51:1037–1044.

RAUP, H.M. 1935. Botanical investigations in Wood Buffalo National Park. Musée national du Canada. Bulletin nº 74, Série biologique nº 20.

READER, R.J., ET J.M. STEWART. 1972. The relationship between net primary production and accumulation for a peatland in southeastern Manitoba. Ecology 53:1024–1037.

REID, D.E. 1974. Permafrost in peat landforms in northwestern Alberta. Canadian Arctic Gas Study Ltd. Biological Report Series, Volume 37, Chapter 2. Calgary, Alberta. 36 p.

REID, D.E., ET S. MORROW. 1974. Peat landforms in the Fort Simpson area. Canadian Arctic Gas Study Ltd. Biological Report Series, volume 37, Chapter 3. Calgary, Alberta. 26 p.

RICHARD, P. 1973a. Histoire postglaciaire comparée de la végétation dans deux localités au nord du Parc des Laurentides, Québec. Le Naturaliste canadien 100: 577–590.

RICHARD, P. 1973b. Histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Saint-Raymond de Portneuf, telle que relevée par l'analyse pollinique d'une tourbière. Le Naturaliste canadien 100:561–575.

RITCHIE, J.C. 1983. The paleoecology of the central and northern parts of the Glacial Lake Agassiz basin. *Dans* Glacial Lake Agassiz. J.T. Teller et L. Clayton, directeurs de publication. Association géologique du Canada. Rapport spécial nº 26. p. 157–170.

ROSTAD, H.P.W., ET J.G. ELLIS. 1972. The soils of the provincial forest in the St. Walburg map area. Saskatchewan Institute of Pedology. Publication nº SF2. Saskatoon, Saskatchewan. 68 p.

ROWE, J.S. 1972. Les régions forestières du Canada. Service canadien des Forêts. Environnement Canada. Publication nº 1300. Ottawa, Ontario. 172 p.

RUUHIJÄRVI, R. 1960. Über die regionale Einteilung der nordfinnischen Moore. Annals of the Botanical Society. "Vanamo" 31(1):360.

SAKAGUCHI, Y. 1980. On the genesis of banks and hollows in peat bogs. Département de géographie, Université de Tokyo, Japon. Bulletin 12:35–58.

SANDERSON, M. 1948. The climates of Canada according to the new Thornthwaite classification. Scientific Agriculture 28:501–517.

SCHENK, E. 1963. Origin of string bogs. *Dans* Compte rendu de la Ire Conférence internationale sur le pergélisol. National Academy of Science–National Research Council. Publication nº 1287. Washington, DC. p. 155–159.

SEPPÄLÄ, M. 1980. Stratigraphy of a silt-cored palsa, Atlin region, British Columbia, Canada. Arctic 33:357–365.

SEPPÄLÄ, M., ET L. KOUTANIEMI. 1985. Formation of a string and pool topography as expressed by morphology, stratigraphy and current processes on a mire in Kuusamo, Finland. Boreas 14:287–309.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. 1982. Normales climatiques au Canada 1951–1980. Volume 2 : Températures; Volume 3 : Précipitations; Volume 4 : Degré-jours. Environnement Canada. Downsview, Ontario.

SHAY, J.M., ET C.T. SHAY. 1986. Prairie marshes in western Canada, with specific reference to the ecology of five emergent macrophytes. Journal canadien de botanique 64:443–454.

SIMS, R.A., D.W. COWELL, ET G.M. WICKWARE. 1982. Classification of fens near southern James Bay, Ontario, using vegetational physiognomy. Journal canadien de botanique 60:2608–2623.

SJÖRS, H. 1950. On the relation between vegetation and electrolytes in north Swedish mire waters. Oikos 2:241–258.

SJÖRS, H. 1961. Forest and peatland at Hawley Lake, northern Ontario. Musées nationaux du Canada. Bulletin nº 171. Ottawa, Ontario. p. 1–31.

SJÖRS, H. 1963. Bogs and fens on Attawapiskat River, northern Ontario. Musées nationaux du Canada. Bulletin nº 186. Ottawa, Ontario. p. 45–133.

SLACK, N.G., D.H. VITT, ET D.G. HORTON. 1980. Vegetation gradients of minerotrophically rich fens in western Alberta. Journal canadien de botanique 58:330–350.

SMITH, R.E., C. TARNOCAI, ET G.F. MILLS. 1975. Soils of the Red Rose–Washow Bay area. Manitoba Soil Survey. Soils Report nº 19. Winnipeg, Manitoba. 156 p.

STANEK, W., J.K. JEGLUM, ET L. ORLOCI. 1977. Comparisons of peatland types using macro-nutrient contents of peat. Vegetatio 33:163–173.

SVENONIUS, F.V. 1904. Yttrande med anledning av R. Sernanders föredrag: Nagra bidrag till de centralskandinaviska fjälltrakernas postglaciala geologi. Geol. Foren. i. Stockholm Forhandle. Volume 26.

TARNOCAI, C. 1984. Peat resources of Canada. Conseil national de recherches du Canada. Publication nº 24140. Ottawa, Ontario. 17 p.

TERASMAE, J. 1970. Postglacial muskeg development in northern Ontario. Comité associé de recherches géotechniques, Conseil national de recherches du Canada. Technical Memorandum nº 99. Ottawa, Ontario. p. 73–90.

TERASMAE, J. 1972. Muskeg as a climate-controlled ecosystem. *Dans* Compte rendu, 14th Muskeg Research Conference. 1971. Kingston, Ontario. Conseil national de recherches du Canada. Technical Memorandum nº 102. Ottawa, Ontario. p. 147–158.

THIE, J. 1974. Distribution and thawing of permafrost in the southern part of the

discontinuous permafrost zone in Manitoba. Arctic 27:189–200.

THOM, B.G. 1972. The role of spring thaw in string bog genesis. Arctic 25: 236–239.

THORMIN, T. 1982a. Orchids in the Wagner Bog. The Edmonton Naturalist 10(2):23–32.

THORMIN, T. 1982b. Butterflies of the Wagner Bog. The Edmonton Naturalist 10(2):37–41.

THORMIN, T. 1982c. Birds of the Wagner Bog. The Edmonton Naturalist 10(2):42–45.

TODD, A.W. 1978. Methodology used for Alberta Land Inventory for furbearers. Alberta Department of Fish, Parks and Wildlife. Edmonton, Alberta. 68 p.

VITT, D.H., ET S. BAYLEY. 1984. The vegetation and water chemistry of four oligotrophic basin mires in northwestern Ontario. Journal canadien de botanique 62:1485–1500.

VITT, D.H., P. ACHUFF, ET R.E. ANDRUS. 1975. The vegetation and chemical properties of patterned fens in the Swan Hills, north central Alberta. Journal canadien de botanique 53:2776–2795.

WALKER, J.M. 1965. Vegetation studies on the Delta Marsh, Delta, Manitoba. Thèse de doctorat, Université du Manitoba, Winnipeg, Manitoba.

WESTGATE, J.A., D.G.W. SMITH, ET H. NICHOLS. 1969. Late Quaternary pyroclastics in the Edmonton area, Alberta. *Dans* Pedology Quaternary Research. S. Pawluk, directeur de publication. University of Alberta Printing Department, Edmonton, Alberta. p. 179–186.

ZARNOVICAN, R., ET J.L. BÉLAIR. 1979. Les tourbières de la baie James: la végétation et les sols. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire n° 9. Ottawa, Ontario. 37 p.

ZOLTAI, S.C. 1965. Glacial features of the Quetico-Nipigon area, Ontario. Journal canadien des sciences de la terre 2:247–269.

ZOLTAI, S.C. 1971. Southern limit of permafrost features in peat landform, Manitoba et Saskatchewan. Association géologique du Canada. Rapport spécial n° 9. p. 305–310.

ZOLTAI, S.C. 1972. Palsas and peat plateaus in central Manitoba and Saskatchewan. Canadian Journal of Forestry Research 2:291–302.

ZOLTAI, S.C., ET J.D. JOHNSON. 1985. Development of a treed bog island in a minerotrophic fen. Journal canadien de botanique 63:1076–1085.

ZOLTAI, S.C., ET J.D. JOHNSON. (Sous presse). Relationships between nutrients and vegetation in peatlands of the prairie provinces. *Dans* Compte rendu, Wetlands/Peatlands '87 Symposium. Août 1987. Edmonton, Alberta.

ZOLTAI, S.C., F.C. POLLETT, J.K. JEGLUM, ET G.D. ADAMS. 1975. Developing a wetland classification for Canada. *Dans* Compte rendu, 4th North American Forest Soils Conference. B. Bernier et C.H. Winget, directeurs de publication. Les Presses de l'Université Laval. Québec, Québec. p. 497–511.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1971. Properties of a wooded palsa in northern Manitoba. Arctic and Alpine Research 3:115–129.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1975. Perennially frozen peatlands in the western Arctic and Subarctic of Canada. Journal canadien des sciences de la terre 12:28–43.

5 Terres humides des Prairies du Canada

G.D. Adams

Terres humides des Prairies du Canada

Les Prairies se composent à la fois de la zone de transition entre la forêt et la prairie, telle qu'établie par Rowe (1972), et de vastes prairies ouvertes soumises à des climats de semi-aride à subhumide qui font en sorte que les arbres qui s'y trouvent ne dominent jamais la couverture végétale. La Soil Conservation Society of America (1982) définit les prairies comme des bandes de terres planes ou ondulées et dénuées d'arbres, dominées par des herbacées et des plantes non ligneuses; ces prairies sont concentrées dans la partie sud de trois des provinces du Canada, soit l'Alberta, la Saskatchewan et le Manitoba, ainsi que dans les parties d'intermontagnes de la Colombie-Britannique. Le présent chapitre décrit les terres humides de deux régions distinctes définies par le Groupe de travail national sur les terres humides (1986) : la région de terres humides

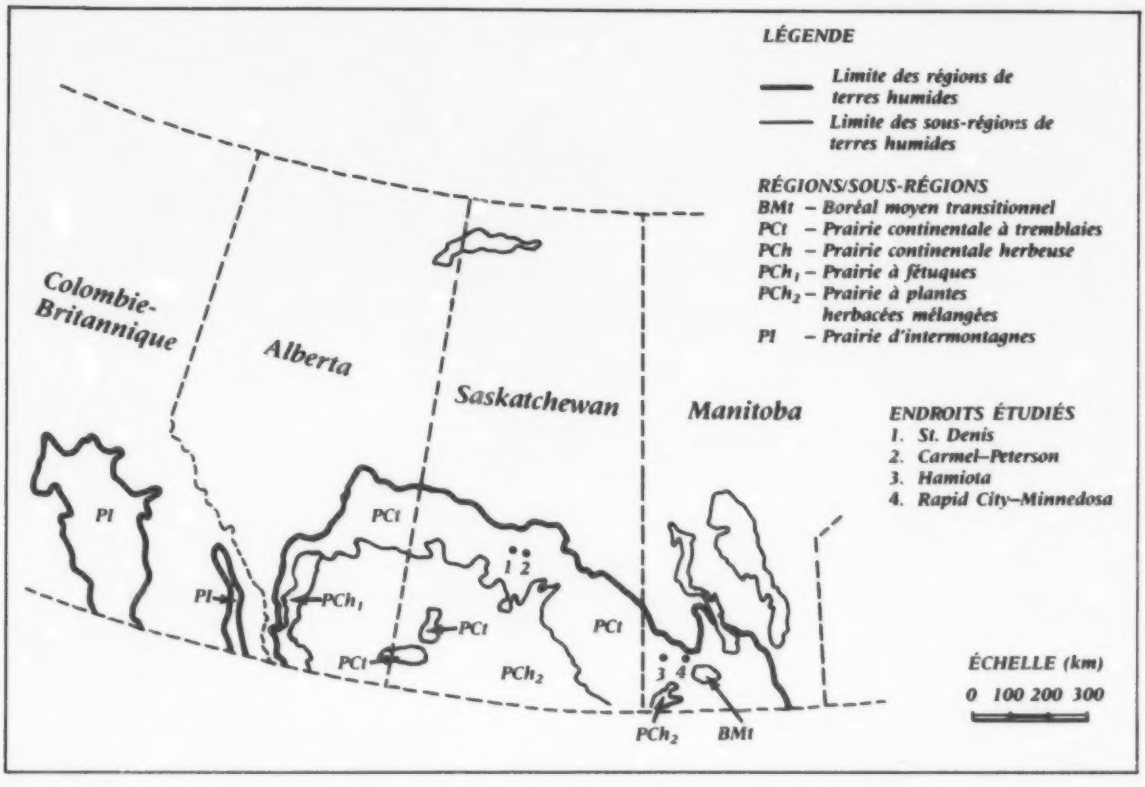


Figure 5–1.

Régions et sous-régions de terres humides des Prairies de l'ouest du Canada et emplacement des endroits étudiés dont il est question dans le texte.

de la prairie continentale (PC) et la région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes (PI) (Figure 5–1). Elles sont bordées au nord et à l'est par les régions de terres humides boréales et la région de terres humides des montagnes de la Colombie-Britannique, régions traitées dans d'autres chapitres.

Cadre naturel

Géographie

La région de terres humides de la Prairie continentale occupe une superficie d'environ 390 000 km² (Coupland, 1961); elle décrit un arc vers le nord-ouest du point de latitude 49° N et de longitude 96°30′ O, au point de latitude 54° N et de longitude 113° O pour se diriger ensuite vers le sud le long de l'extrémité des avant-monts de l'Alberta jusqu'à la latitude 49° N et la longitude 113°30′ O. La limite septentrionale de cette région rejoint la limite méridionale de la forêt boréale ou forêt mixte (Strong et Leggat, 1981), à l'exception d'une avant-butte plus au nord dans la région de la rivière de la Paix.

La région de terres humides de la Prairie continentale se compose de deux sous-régions : la sous-région des terres humides des tremblaies de la Prairie continentale (PCt) et la sous-région des terres humides de la Prairie continentale herbeuse (PCh). La région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes, bien que se composant de parcs et de prairie, n'a pas été divisée en sous-régions en raison des gradients abrupts d'altitude qui modifient les variations du climat et de la végétation au sein d'une petite région.

La région de terres humides de la Prairie continentale peut être divisée en trois niveaux correspondants à l'élévation du socle rocheux : (1) la plaine du Manitoba (élévation de 220 à 335 m), (2) la plaine de la Saskatchewan (élévation de 320 à 610 m) et (3) la haute plaine de l'Alberta (élévation de 610 à 1 060 m) (Nicholson, 1957; Richards et Fung, 1969; Mitchell *et al.*, 1944). Le terrain y est en général de plat à ondulé, coupé de vallées, d'escarpements et de collines. Les principaux réseaux de drainage sont ceux des rivières Saskatchewan-Sud, Saskatchewan-Nord, Bow, Oldman, Red Deer, Qu'Appelle, Assiniboine, Souris, Swan et Red.

La région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes, située entre les montagnes Rocheuses et la chaîne Côtière, occupe un territoire allant des latitudes 49 à 53° N et des longitudes 115 à 123° O sur les plateaux Fraser et Kamloops (Nicholson, 1957). Les Prairies couvrent une superficie de plus de

14 600 km² de 600 à 1 250 d'élévation, en bordure des réseaux de drainage des rivières Kettle, Chilcotin, Similkameen, Thompson, Nicola, Okanagan et Kootenay et des fleuves Columbia et Fraser-Sud (Tisdale, 1947; Nicholson *et al.*, 1982).

Géomorphologie

Le paysage des prairies a été en grande partie modelé par les glaciers du pléistocène. La région de terres humides de la Prairie continentale se compose à 55 % de dépôts glacio-lacustres et fluviaux et à 40 % de moraines (Coupland, 1961). Le lent recul des glaciers a laissé des moraines de fond ondulées, les intervalles stationnaires de recul ont modelé des moraines terminales aux ondulations fortes et creusé des chenaux pro-glaciaires; les derniers stades de la désagrégation des glaciers ont formé des moraines de décrépitude (Kiel *et al.*, 1972). Les eaux de fonte ont creusé des vallées, déposé des matériaux d'épandage fluvio-glaciaire à texture grossière ou se sont accumulées dans des bassins lacustres glaciaires pour y déposer des limons et des argiles qui ont formé des plaines lacustres. Les vents ont transformé en dunes plusieurs gros deltas sablonneux déposés en bordure des lacs glaciaires lors du retrait des eaux. Les hautes terres à assise rocheuse près de la surface situées dans le sud des Prairies n'ont été recouvertes que d'une mince couche de glace, les paysages offrant de nombreux affleurements rocheux et des vallées entrecoupées.

La plaine du Manitoba qui fait partie de la région de terres humides de la Prairie continentale repose sur une assise de roches du paléozoïque et du mésozoïque couchées à plat et composées de grès, de calcaires, de schistes argileux et de dolomies sédimentaires, (Nicholson, 1957). Des argiles glacio-lacustres et des dépôts deltaïques sablonneux de diverses épaisseurs ont été laissés par le recul du lac glaciaire Agassiz qui, à diverses époques, recouvrait la majeure partie de la plaine du Manitoba. Des moraines de fond délavées, des crêtes de plage successives et des alluvions couvrent par endroits le reste de la plaine. Les sols prédominants sont des chernozems noirs et gris foncé et des gleysols (Weir, 1960).

La plaine de la Saskatchewan repose sur des schistes argileux du crétacé, à l'exception de formations de grès, de schistes argileux et de charbon du tertiaire qui se trouvent dans le sud-est de la Saskatchewan (Nicholson, 1957). La limite orientale de la plaine est marquée par des cuestas ou vestiges de hautes terres rocheuses qui sont recouvertes de collines morainiques (les monts Pembina et Riding et la colline aux Canards) qui ont fait obstacle à l'expansion du lac glaciaire Agassiz, même si des cours d'eau comme le Swan, le Valley ou l'Assiniboine ont creusé des indentations érodées jusqu'au lac glaciaire (Elson, 1967). Le relief local, qui varie de 320 à 730 m, a influencé les déplacements des glaces, là où les glaciers ont chevauché les hautes terres, y stagnant et formant des moraines mamelonnées pendant un intervalle stationnaire (Edmunds, 1962). Le mont Moose, les collines Touchwood, Allan et Minichinas sont d'autres hautes terres morainiques proéminentes (Acton *et al.*, 1960). Les plaines plates à ondulées occupant les anciens lits des lacs glaciaires Régina, Milden, Elstow et Saskatoon se composent d'argiles et de limons lacustres et de sables fluviaux (Edmunds, 1962). Ces matériaux d'origine ont donné naissance à des sols qui vont des chernozems bruns foncés, noirs et gris foncés à des solonetz.

Les formations de grès, de schistes argileux et de charbon du crétacé supérieur et du tertiaire forment l'assise rocheuse de la haute plaine de l'Alberta (Wonders, 1969). Des affleurements rocheux du crétacé ou du tertiaire sont exposés au sommet de plateaux non englacés ou dans des vallées érodées et dans des mauvaises terres. Le coteau du Missouri constitue la limite orientale de la haute plaine. Les hautes terres, dont l'élévation varie de 730 à 1 370 m, se composent notamment des collines Coteau, Eagle, Neutral, Rainy et Cypress, de Wood Mountain et de la chaîne de Milk River (Acton *et al.*, 1960; Wonders, 1969). Les principaux matériaux superficiels sont des dépôts morainiques glaciaires et des petites étendues de limons lacustres et de sables fluviaux. Il y a des zones de sols allant d'un chernozem brun dans le sud-est semi-aride de la haute plaine à des chernozems noirs et gris foncés dans l'extrémité nord-ouest plus humide.

La région des terres humides de la Prairie d'intermontagnes occupe une série de plateaux érodés, de collines, de vallées et de terrasses. Un manteau de matériaux de transport glaciaire recouvre des roches sédimentaires et volcaniques du cénozoïque, du mésozoïque et du paléozoïque ainsi que d'importants dépôts du tertiaire (Tisdale, 1947). Divers processus géomorphologiques ont modelé et influencé les matériaux de transport glaciaire et la topographie de la région (Ryder, 1982). L'érosion fluviale a découpé des canyons et des escarpements; les dépôts fluviatiles ont entraîné la formation de plaines d'inondation, de cônes de déjection et de terrasses; les colluvions ont formé des talus et des cônes de déjection au bas des pentes; les vents ont érodé les reliefs des vallées sèches et déposé des dunes de sable et des placages sur des terrasses et des cônes de déjection. Les sols qui se sont formés sur les matériaux de transport glaciaire et les terrasses alluviales vont des luvisols gris à des chernozems noirs en passant par des chernozems bruns foncés (Rowe, 1972).

Climat

Les Prairies ont un climat semi-aride où les hivers sont froids, les étés chauds et les températures très variables. Dans la région de terres humides de la Prairie continentale, les isothermes du milieu de l'hiver vont du nord ouest au sud-est et les températures extrêmes varient de −40° C à 38° C (Hare et Thomas, 1979). En règle générale, les températures estivales diminuent et les précipitations augmentent

avec l'altitude et la latitude. Le gradient est–ouest d'humidité estivale de forte à faible est dû aux effets des masses d'air tropical maritime touchant habituellement l'est des Prairies et des masses d'air arctique maritime ou polaire maritime plus sec qui influencent l'ouest des Prairies. Les faibles précipitations de mai à septembre et les forts coefficients d'assèchement du sol caractérisent la région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes qui est plus aride que la Prairie continentale (Tableau 5–1).

La durée de la saison de croissance varie de 170 à 190 jours (Hare et Thomas, 1979) et la longueur moyenne de la période sans gel de 90 à 120 jours dans la région de terres humides de la Prairie continentale et de 100 à 140 jours dans la Prairie d'intermontagnes (Chapman et Brown, 1966). La Prairie continentale reçoit environ 50 % de ses précipitations d'avril à juillet, 25 % du 1er août au 31 octobre, et 25 % au cours de l'hiver (Coupland, 1961). Dans la Prairie d'intermontagnes les précipitations varient en fonction de l'altitude, mais de 25 à 40 % des précipitations annuelles tombent d'habitude de mai à la fin de septembre (Chapman et Brown, 1966).

Les vents et les hautes températures entraînent un taux élevé d'évaporation et des pertes d'eau en surface dans les Prairies. La vitesse moyenne du vent dans la sous-région de terres humides de la Prairie continentale herbeuse varie de 19 à 26 km/h et dans celle à tremblaies, la vitesse moyenne est de 14 à 19 km/h, la maximale de 50 à 60 km/h (Coupland, 1961). En été, les vents les plus forts sont généralement des vents secs du sud-ouest. Ils sont l'un des facteurs contribuant au déficit hygrique (assèchement du sol) et limitent effectivement la croissance des arbustes et des arbres sur les versants exposés au sud et à l'ouest.

Écologie postglaciaire

Après le retrait du glacier Wisconsin du sud des Prairies (à l'exclusion de régions de la Colombie-Britannique), de 14 000 à 10 500 ans avant notre ère (ANE), une forêt boréale d'épinettes (*Picea* sp.) s'est probablement développé près du front du glacier, remontant graduellement vers le nord à mesure que reculait la marge glaciaire (Ritchie, 1976). Au sud de 52° N de latitude, la forêt d'épinettes a été tout aussi rapidement remplacée par une végétation de prairie, vers 11 000 à 9 500 ans ANE. De 9 500 à 6 500 ans ANE, une forêt de feuillus composée de peupliers (*Populus* sp.) et de bouleaux (*Betula* sp.) a occupé une étroite bande à l'ouest du bassin glacio-lacustre Agassiz, séparant la forêt boréale de la prairie. La bande boisée avait atteint la latitude 55° N, voici 6 500 ans ANE. Selon Love (1959), certaines composantes de la forêt caducifoliée orientale ont envahi le bord du lac glaciaire Agassiz en recul pour migrer ensuite vers l'ouest le long des vallées fluviales et occuper des hautes terres comme les monts Riding et Turtle et les collines Tiger. Dès 6 500 ans ANE, des prairies occupaient la majeure partie des basses-terres du lac Agassiz. Le chêne (*Quercus* sp.) a envahi les hautes terres orientales et le delta de l'Assiniboine entre 4 000 et 3 000 ans ANE, pour s'étendre ensuite vers l'ouest le long de la vallée fluviale de la Qu'Ap-

Tableau 5–1. Variabilité du climat dans les régions et sous-régions de terres humides des Prairies

Région ou sous-région de terres humides	*Nombre moyen de degrés-jours de croissance*	*Température moyenne de janvier (°C)*	*Température moyenne de juillet (°C)*	*Précipitations annuelles moyennes (mm)*	*Précipitations moyennes mai-septembre (mm)*	*Épaisseur moyenne de la couche nivale (cm)*	*Déficit hydrique du sol (cm)*
Terres humides des tremblaies de la Prairie continentale (PCt)	850–1 400*	−12 à −18***	17–20***	300–450***	250–400*	15–30***	8–18****
Terres humides de la Prairie continentale herbeuse (PCh)	1 290–1 750*	−12 à −18***	18–21**	300–400***	170–290*	10–20***	18–30****
Région à terres humides de la Prairie d'intermontagnes (PI)	2 120**	−4 à −9***	18–20***	400–500***	100–200****	30***	30–40****

*Strong et Leggat (1981).
**Hare et Thomas (1979).
***Zoltai (1979).
****Chapman et Brown (1966).

pelle. De 6 500 à 2 500 ans ANE, un climat plus froid et plus humide a entraîné la migration vers le sud de la forêt boréale qui a remplacé la prairie et occupé approximativement la position de la forêt boréale contemporaine (Ritchie, 1976). De 2 000 ans ANE à notre ère, les forêts mixtes se sont répandues et ont remplacé les forêts de feuillus et les prairies dans les collines de Porcupine et le mont Riding. L'épinette blanche (*Picea glauca*) a envahi les prairies (Love, 1959) et a peuplé des enclaves dans le delta de l'Assiniboine ainsi que dans les collines du Cyprès où elle s'est associée au pin tordu (*Pinus contorta*). Au vingtième siècle, les méthodes de lutte contre les incendies ont favorisé l'invasion récente des prairies par le peuplier (Bird, 1961).

Hebda (1982) a décrit les grandes lignes de l'histoire postglaciaire de la région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes d'après les relevés de pollen. Une prairie pionnière a occupé les régions déglacées de 13 000 à 12 000 ans ANE. Entre 12 000 et 11 000 ANE les forêts de *Pinus* spp. et de *Populus* spp. s'y sont implantées, mais les prairies à armoises (*Artemisia* spp.) ont persisté dans le fond des vallées et à de plus faibles élévations. La prairie a connu son apogée pendant un épisode climatique chaud et sec qui s'est produit entre 10 000 et 8 000 ans ANE, les prairies à armoises occupant toutes les élévations inférieures à environ 1 300 m. Une période mésoique a suivi de 8 000 à 4 500 ans ANE, les basses terres ayant une couverture végétale herbeuse continue et des peuplements forestiers se retrouvant jusqu'à environ 1 100 m. De 4 500 ans ANE jusqu'à tout récemment, les prairies ont diminué pour n'occuper que des zones restreintes dans le fond de vallées asséchées et sur les versants exposés au sud, et les savanes arborées de *Pinus ponderosa* et de *Pseudotsuga* spp. se sont répandus.

Régions et sous-régions de terres humides des Prairies

Les Prairies se composent de deux régions de terres humides : la Prairie continentale qui compte deux sous-régions—la Prairie à tremblaies (PCt) et la Prairie herbeuse (PCh)—et la Prairie d'intermontagnes (PI).

Sous-région de terres humides de la Prairie continentale à tremblaies

La sous-région de terres humides de la Prairie continentale à tremblaies (Bird, 1961; Rowe, 1972; Strong et Leggat, 1981) comprend une bande de transition entre la forêt et la prairie de 50 à 160 km de largeur (Figure 5–1) qui occupe la majeure partie de la zone de chernozem noir et l'extrémité nord de celle de chernozem brun foncé. La végétation naturelle se compose de vastes îlots de peupliers faux-trembles (*Populus tremuloides*) au nord et de bosquets de peupliers et de tremblaies au sud entrecoupés de prairies à fétuque de Hall (*Festuca hallii*) (Pavlick et Looman, 1984) ou à graminées diverses (Coupland, 1961). À l'état naturel, la prairie-parc se différencie de la prairie par la présence d'un couvert arborescent de plus de 15 % (Strong et Leggat, 1981). Les espèces végétales qui la caractérisent sont le peuplier et le peuplier baumier (*Populus balsamifera*) codominant, le saule (*Salix* spp.), l'érable négondo (*Acer negundo*), le chalef changeant (*Elaeagnus commutata*), la symphorine occidentale (*Symphoricarpos occidentalis*), le chêne à gros fruits (*Quercus macrocarpa*) dans la partie orientale, l'amélanchie: alnifolié (*Amelanchier alnifolia*), l'aralie à tige nue (*Aralia nudicaulis*), le rosier (*Rosa* spp.), le pâturin (*Poa* spp.), la fétuque champêtre et l'agropyron à épis hirsutes (*Agropyron dasystachyum*). Les principales terres humides y sont des marais d'eau douce et d'eau de salinité variée et des étangs semi-permanents d'eau peu profonde bordés par des plantes émergentes, des arbustes et des arbres.

Sous-région de terres humides de la Prairie continentale herbeuse

Cette sous-région se compose de deux communautés végétales climaciques dominantes : la Prairie à fétuques (PCh1) et la Prairie à herbes diverses (PCh2) (Strong et Leggat, 1981) (Figure 5–1). La Prairie à fétuques est située dans des sols chernozémiques brun foncé et noirs peu profonds, occupe les contreforts de la Cordillière et des cuestas des collines des Cyprès (Coupland, 1961) où le climat est plus frais et plus humide que celui de la Prairie caractéristique à herbes diverses. Les principales espèces végétales y sont la fétuque champêtre (*Festuca campestris*) (Pavlick et Looman, 1984), l'agropyron à épis hirsutes, l'agropyron à chaumes rudes (*Agropyron trachycaulum*), le stipa à balai (*Stipa spartea*), l'hélictotrichon de Hooker *Hélictotrichon hookeri*, les laîches (*Carex*, spp.), la verge d'or du Missouri (*Solidago missouriensis*), l'achillée millefeuille (*Achillea millefolium*), et la quinte feuille (*Potentilla fruticosa*) (Coupland, 1961; Harris *et al.*, 1983).

La Prairie à herbes diverses occupe des chernozems semi-arides brun et brun foncé ou des solonetz. La végétation se compose de graminées courtes et de taille moyenne comme le stipa à balai, le stipa aigrette (*Stipa comata*), le bouteloua grêle (*Bouteloua gracilis*), l'agropyron à épis hirsutes, le carex à feuilles filiformes (*Carex filifolia*), et des herbes non graminoides comme l'armoise rustique (*Artemisia frigida*) et le phlox de Hood (*Phlox hoodii*) (Coupland, 1961). Les arbustes comme le chalef changeant, la symphorine occidentale, le rosier et le genévrier horizontal (*Juniperus horizontalis*) sont abondants par endroits. Quelques peupliers faux-trembles et peupliers

à feuilles deltoïdes (*Populus deltoides*) poussent dans des vallées fluviales.

Les principales terres humides sont des marais à joncs, à laîches et à graminées dominantes et des étangs d'eau peu profonde à bords sans arbres. Les lacs salés sont des composantes notables de la Prairie à graminées diverses.

Région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes

La Région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes coïncide avec la région forestière montagnarde décrite par Rowe (1972) ou avec les zones de pin ponderosa (*Pinus ponderosa*)–de graminées cespiteuses et de Douglas bleu (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca*) (Nicholson *et al.*, 1982). Les prairies ouvertes se mêlent à des forêts-parcs de pins ponderosa et quelques Douglas bleus parsèment le sud de la région. Au nord de la latitude 51° N, la prairie ouverte occupe les basses-terres et se mêle aux tremblaies et aux forêts de pins tordus–Douglas bleus.

Trois communautés végétales climaciques dominantes composent les prairies de cette région : les prairies inférieure, moyenne et supérieure décrites par Tisdale (1947). La première occupe les fonds de vallée situés à moins de 600 m des terrasses lacustres et fluviales où les sols sont principalement des chernozems bruns et des regosols (Nicholson *et al.*, 1982). La végétation des stations mésiques se compose d'agropyron à épis (*Agropyron spicatum*), d'armoise tridentée (*Artemisia tridentata*), et de pâturin de Sandberg (*Poa sandbergii*). Les stations xériques sont souvent dominées par des graminées et des sporoboles à fleurs cachées (*Sporobolus cryptandrus*). La prairie moyenne occupe les élévations de 600 à 900 m de sols chernozémiques bruns foncés issus de moraines loameuses graveleuses et de dépôts éoliens, (Nicholson *et al.*, 1982). Parmi les principales espèces végétales, on trouve l'agropyron à épis, le pâturin de Sandberg et la bigelovie puante (*Chrysothamnus nauseosus*). La prairie supérieure (de 800 à 1 250 m) occupe des versants de vallées et des plateaux où des moraines couvertes de dépôts éoliens ont donné naissance à des chernozems gris foncés, noirs et bruns foncés. Selon Nicholson *et al.* (1982), on y trouve trois associations spécifiques : (1) agropyron à épis–fétuque champêtre (*Festuca campestris*) et fétuque occidentale (*Festuca occidentalis* var. *ingrata*); (2) agropyron à épis–keulérie accrêtée (*Koeleria cristata*)–armoise rustique; et (3) stipa occidental (*Stipa occidentalis* var. *minor*). Il n'est pas rare de trouver des herbes non graminoïdes comme l'achillée millefeuille, le lupin soyeux (*Lupinus sericeus*) et l'antennaire rosée (*Antennaria rosea*) dans l'association agropyron–fétuque.

Les principales terres humides de la région de la Praire d'intermontagnes sont les marais de plaine d'inondation, de kettle et de bassin peu profond dominés par des plantes herbacées, des joncs et des laîches. Il y a aussi quelques lacs salés dans le fond des vallées.

Répartition et nombre de terres humides

Définition des terres humides de la Prairie

La végétation qui occupe les terres humides de la Prairie agrémente le paysage qui, sinon, serait monotone. Les terres humides moins permanentes subissent des changements saisonniers, prenant la forme d'étangs d'eau libre au printemps pour devenir des bassins presque asséchés recouverts de communautés végétales denses ou éparpillées l'été. La végétation prend différentes teintes de brun au printemps pour se revêtir de verts luxuriants l'été et offrir différentes nuances de brun, de jaune et de rouge l'automne. Un étang central d'eau libre bordé de plantes persistantes émergentes comme le typha à feuilles larges (*Typha latifolia*) ou le scirpe lacustre (*Scirpus lacustris* spp. *glaucus*) occupe généralement les terres humides permanentes et semi-permanentes. Des espèces pionnières annuelles et certaines espèces vivaces colonisent rapidement le fond des étangs où se produisent des fluctuations très importantes du niveau de l'eau qui entraînent un abaissement de la nappe phréatique. Une ré-inondation tue en général toute la végétation, sauf les plantes les plus persistantes, permettant donc aux plantes vivaces émergentes à pouvoir germinatif de s'étendre. Les terres humides de la Prairie forment donc des écosystèmes dynamiques où les régimes hydrologiques ainsi que les zones et les structures de la végétation se modifient selon les saisons et les années.

Pendant une période de sécheresse, le cycle des terres humides de la Prairie peut subir des changements radicaux. À mesure que sèchent les étangs, la succession des communautés végétales de terres humides passe généralement de (1) un stade submergé à (2) un stade marécageux ou émergent à (3) un stade de pré de laîches à (4) un stade arbustif et à (5) un stade arborescent (Coupland, 1961). Entre les niveaux le plus haut et le plus bas des eaux se trouve d'habitude une bande de saules (*Salix petiolaris*) qui entoure les terres humides d'eau douce. Le saule discolore, *Salix discolor* et le peuplier baumier forment quelquefois une bande de végétation plus loin au plus haut niveau des eaux (Coupland, 1961). Les niveaux d'eau élevés et persistants ont tendance à inverser les séries de la succession, parce que les arbustres et les arbres y sont noyés. Dans les terres humides légèrement alcalines, les laîches (*Carex* spp.) se mêlent aux plantes herbacées de la prairie (Coupland, 1961).

Il est difficile de déterminer les limites des différentes terres humides lorsque le régime hydrologique y modifie les zones de végétation. Les terres humides

des Prairies répondent généralement aux critères suivants définis par Zoltai *et al.* (1975) et par Cowardin *et al.* (1979) : (1) terres dont les nappes phréatiques sont situées en surface ou près de la surface, (2) régions à sols gorgés d'eau et à végétation hydrophile, ou (3) régions d'eau libre, d'une profondeur généralement inférieure à 2 m. Toutefois, la nappe phréatique peut s'abaisser de plus de 1 m sous les bassins pendant les périodes de sécheresse; alors les terres humides des Prairies ne répondent plus aux critères de la classification des terres humides parce que la végétation y devient plus xérique. Millar (1976) définit les terres humides en utilisant la limite supérieure fixée à l'extrémité de la hauteur de la prairie humide. La prairie humide est une forme de terre humide secondaire transitoire; des limites variables, son inondation temporaire ou sa saturation en eau et des espèces mésophiles la caractérisent. Il est plus facile de délimiter les terres humides, exception faite de la prairie humide, en utilisant la limite supérieure de la végétation hydrophile, comme celle des marais peu profonds (Millar, 1976) ou des fens (Stewart et Kantrud, 1971), qui ont des conditions de terres humides plus stables caractérisées par des sols hydromorphes ou des gleysols soumis à des variations saisonnières à permanentes du niveau des eaux.

Densité des terres humides des Prairies

Près de 40 % des régions de terres humides de la Prairie continentale, soit 156 000 km², se composent de moraines de fond ou de moraines mamelonnées (Coupland, 1961), ce qui donne des paysages creusés de nombreuses dépressions de taille diverse. Le reste de cette région, soit 60 %, consiste en majeure partie de dépôts lacustres et fluviatiles qui donnent en moyenne moins de cinq terres humides au kilomètre carré (Adams et Hutchison, 1976). La densité des terres humides varie cependant d'une région à l'autre en fonction de la configuration superficielle, du relief et de la composition des matériaux de transport glaciaire. Certains auteurs ont observé que les terres humides occupant des moraines ont des densités allant jusqu'à 60/km² (Harmon, 1970) ou même 90/km² (Munro, 1963). La densité moyenne habituelle des terres humides varie de 9 à 13/km² dans le Dakota du Nord (Cowardin *et al.*, 1981), de 20 à 28/km² dans le sud-ouest du Manitoba, et se fixe à 20/km² dans le centre de la Saskatchewan (tableau 5–2) tout comme dans le centre de l'Alberta (Smith, 1971). Le nombre approximatif total des terres humides de la région de la Prairie continentale serait de 4 millions d'après une densité moyenne présumée de 18/km² pour celles recouvrant des moraines et de 5/km² pour celles situées dans des dépôts lacustres–fluviatiles. Cette estimation est plus faible que celles de 6.6 millions de Lynch *et al.* (1963) et de 10 millions de Gollop (1963) même si 70 % de celles-ci étaient des plans d'eau considérés temporaires.

Malgré l'étendue relativement réduite des terres humides des Prairies, les superficies cumulatives totales couvriraient une partie importante de la surface de la terre. De 36 à 63 % des terres humides qui recouvrent des moraines en Saskatchewan ont une superficie inférieure à 0.2 ha (tableau 5–3) et peu d'entres elles dépassent les 10 ha. Cowardin *et al.* (1981) ont relevé des tailles moyennes de 0.08 ha pour les étangs temporaires et de 0.8 ha pour les étangs semi-permanents au Dakota du Nord. En Alberta, 59 % des étangs ont de 0.04 à 0.42 ha (Merriam, 1978). L'étendue relative des terres humides varie de 6.3 à 14.6 % dans le Coteau du Missouri ainsi que dans les plaines à matériaux de transport glaciaire du Dakota du Nord (Cowardin *et al.*, 1981), de 7.3 à 14.2 % dans les moraines mamelonnées du centre de la Saskatchewan et de 12.3 à 25.0 % dans les moraines de fond et les moraines mamelonnées du Manitoba (tableau 5–4). Dans la région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes la superficie cumulative des terres humides, estimée à 23 954 ha, couvre près de 1.6 % de la prairie (British Columbia Ministry of Agriculture and Food, 1981).

Tableau 5–2. Différences régionales de densités* d'étangs sourceux des moraines en Saskatchewan et au Manitoba (1976)

Région étudiée	*Densité (nombre d'étangs/km²)*	*Nombre de parcelles de 65 ha échantillonnées*
Saskatchewan		
Carmel–Peterson	21.4±4.5**	14
St. Denis	20.0±4.0	15
Manitoba		
Hamiota	20.0±3.2	20
Rapid City	27.9±4.6	20

**Déterminée à partir de levés au sol réalisés de façon aléatoire sur des parcelles de 65 ha.*
***Limite de fiabilité: 95 %.*

Hydrologie des terres humides des Prairies

Source des eaux et ruissellement

Les terres humides des Prairies fluctuent énormément selon les saisons et les années car l'eau disponible dépend des précipitations, de la pénétration de l'eau, de l'afflux des eaux d'émergence et de ruissellement et de la topographie environnante. Le régime hydrologique comporte les éléments suivants : (1) la

Tableau 5–3. Fréquences des catégories de taille des terres humides dans deux régions étudiées de la Saskatchewan (avril 1976)

Catégorie de taille des étangs (ha)	St. Denis		Carmel–Peterson	
	Nombre d'étangs	%	Nombre d'étangs	%
0–0.10	75	38.5	36	18.5
0.11–0.20	48	24.6	35	17.9
0.21–0.40	27	13.8	50	25.6
0.41–1.00	28	14.4	42	21.5
1.01–2.00	13	6.7	20	10.3
2.01–5.00	3	1.5	7	3.6
5.01–10.00	1	0.5	5	2.6
Total	195	100	195	100

Tableau 5–4. Variations annuelles de la superficie proportionnelle occupée par des terres humides en Saskatchewan et au Manitoba (1974–1977)

Secteur	Nombre de parcelles	Superficie du secteur étudié* occupé par des terres humides (%)				Moyenne
		1974	1975	1976	1977	
Saskatchewan						
St. Denis	14	7.7	8.1	7.3	—	7.7
Carmel–Peterson	15	13.3	14.8	14.4	—	14.2
Manitoba						
Hamiota	20	12.3	9.2	11.4	9.4	10.9
Rapid City	20	25.2	16.8	19.5	14.3	19.0

*Le secteur étudié mesure 13 km² de superficie au Manitoba et 9.1 km² à St. Denis et 9.8 km² à Carmel–Peterson en Saskatchewan.

source d'eau, (2) la vitesse de déplacement des eaux, (3) le taux de renouvellement en fonction du volume et de la fréquence des précipitations et des inondations et (4) la saison (Gosselink et Turner, 1978).

La neige est une source d'eau importante, constituant d'habitude 25 % des précipitations et formant de 30 à 50 % du ruissellement atteignant les bassins (Shjeflo, 1968). La neige s'accumule dans des dépressions ou sur le versant des collines. La quantité de ruissellement libérée par la fonte des neiges est fonction de la vitesse ou de la période de la fonte, de la vitesse des eaux s'écoulant dans la neige accumulée (Granger *et al.*, 1978) et de l'état de saturation ou de congélation du sol (Eisenlohr et Sloan, 1968). Une fonte plus rapide entraîne des ratios plus élevés de ruissellement/infiltration. Les mesures des vitesses de fonte des neiges (de 6.3 à 12.2 mm/jour) étaient supérieures aux mesures du débit total provenant de la neige accumulée (de 3.0 à 8.4 mm/jour) (Granger *et al.*, 1978). La quantité de ruissellement interceptée par une terre humide dépend plus de la superficie du bassin versant dont elle fait partie que de l'épaisseur de la couche de neige (Granger *et al.*, 1978; Millar, 1976).

La pluie ou l'émergence d'eau souterraine sont d'autres sources d'eau. Jusqu'à 50 % de l'eau reçue par un bassin peut provenir des précipitations qui tombent sur la surface de l'étang (Shjeflo, 1968). De fortes pluies peu fréquentes et un ruissellement rapide peuvent entraîner une augmentation soudaine du niveau de l'eau. Très peu d'eau provient des faibles pluies qui tombent après des périodes de sécheresse, car l'eau s'infiltre rapidement dans le sol. Les terres humides qui sont en contact avec la nappe phréatique peuvent être alimentées par suintement à certaines périodes. Dans une étendue d'eau permanente, la venue d'eau dépasse les pertes d'eau causées par l'évapotranspiration, le débordement ou diverses émanations.

Captage des eaux par les terres humides

La formation et l'évolution des terres humides dépendent du captage périodique ou saisonnier des eaux de surface par les dépressions ou de l'émergence des eaux souterraines dans certains endroits. Novitzki (1978) a identifié quatre classes hydrologiques d'eau stagnante : (1) "la dépression d'eau de surface" où les précipitations et l'écoulement superficiel s'accumulent dans une dépression plus élevée que la nappe phréatique; (2) "la pente des eaux de surface" où les terres humides occupent les bords ou les rivages de lacs ou de cours d'eau alimentés principalement par des inondations; (3) "la dépression d'eaux souterraines" qui intercepte l'écoulement souterrain ainsi que le ruissellement superficiel et le suintement, et (4) "la pente des eaux souterraines", où des sources émergent de façon permanente sur des versants ou à la base de ceux-ci, formant les terres humides là où le drainage est entravé. Les terres humides d'inondation et de chenal sont d'autres classes de captage des eaux définies selon leur position dans un bassin versant (Millar, 1976).

Nappes d'eau souterraine et mouvements des eaux souterraines

La nappe phréatique est la partie supérieure d'une zone saturée dans des sols où la pression de vapeur est atmosphérique; toutefois, au-dessus d'elle se trouve d'habitude une frange capillaire de saturation où la tension de vapeur est inférieure à la pression atmosphérique (Sloan, 1970). Dans les sols à matériaux perméables, la nappe phréatique est d'habitude en continuité avec la surface des eaux des étangs. Selon

Eisenlohr et Sloan (1968), le mouvement des eaux souterraines est lié à la perméabilité et à la topographie locale; par conséquent, une nappe phréatique reflète d'habitude la topographie et les eaux souterraines descendent dans le sol suivant un gradient de pression. Dans les hautes terres, l'écoulement est généralement descendant, mais peut également être ascendant et latéral.

En général, il y a trois types d'écoulement des eaux souterraines dans les étangs : (1) le débit sortant, (2) l'écoulement transitoire et (3) le débit entrant (Sloan, 1970). Les bassins à débit sortant s'alimentent par l'infiltration descendante de leurs eaux jusqu'à une nappe phréatique qui descend en pente de l'étang. Les terres humides de chargement qui s'alimentent de la nappe phréatique occupent d'habitude des petits bassins au sommet de grosses buttes ou de hautes moraines et sont souvent caractérisées par une bordure de saules (*Salix* sp.) (Meyboom, 1967a). Les bassins à écoulement transitoire se caractérisent par une nappe phréatique qui s'incline vers la surface de l'eau du bassin d'un côté et descend en pente de l'autre (Sloan, 1970). Le niveau d'eau des bassins à débit entrant ou de déversement est situé à des élévations inférieures à la nappe phréatique environnante qui s'incline vers le bassin.

On a observé dans les Prairies, trois réseaux d'écoulement souterrains : (1) régional, (2) intermédiaire et (3) local (Meyboom, 1967a). Les réseaux régionaux comprennent les écoulements profonds importants ou les nappes aquifères qui émergent uniquement dans les basses-terres régionales ou dans des lacs profonds. L'aire d'émergence de réseaux d'écoulement intermédiaires comprend souvent des lacs permanents de plus de 4 ha. Les réseaux locaux se composent des eaux souterraines qui circulent entre des buttes et des dépressions et émergent dans des étangs semi-permanents.

Les eaux souterraines circulant dans des moraines mamelonnées subissent des variations diurnes et saisonnières et peuvent passer d'un régime d'alimentation à un régime d'émergence selon les saisons (Meyboom, 1967a). Au début mai, le dégel de la glace dans le sol entraîne probablement l'élévation de la nappe phréatique au-dessus du niveau de l'eau de l'étang (Shjeflo, 1968). Au printemps, l'infiltration des eaux de fonte entraîne la formation d'amas d'eaux souterraines sous les dépressions (Meyboom, 1966). À l'été, la nappe phréatique est inversée et un cône de dépression se forme sous la végétation phréatophile. Ces phréatophiles, comme le saule, puisent l'eau dans la nappe phréatique par évapotranspiration et entraînent à la longue l'inversement de l'écoulement. L'affaissement de la ligne de partage des eaux souterraines des étangs adjacents permet un écoulement peu profond par suintement entre les étangs à la fin de l'été ou à l'automne (Meyboom, 1967a). À l'automne, un mouvement descendant des eaux des dépressions se produit normalement (Meyboom, 1966) car la nappe phréatique s'abaisse énormément sous la surface de l'étang.

Pertes d'eau

L'évapotranspiration et l'infiltration sont les causes de la diminution graduelle du niveau de l'eau dans les étangs des Prairies. Selon Shjeflo (1968) la vitesse du vent, la pression barométrique, l'étendue et la profondeur d'un plan d'eau, la rugosité de la surface de l'eau et la pression de vapeur atmosphérique sont les variables qui influencent les taux d'évapotranspiration. Les taux d'évaporation augmentent avec la température de l'air et varient de façon inversement proportionnelle à la profondeur de l'eau, puisque les eaux peu profondes ont tendance à se réchauffer plus rapidement. Driver et Peden (1977) ont établi que l'évaporation constitue de 5 à 25 % du volume des pertes d'eau saisonnières des étangs temporaires et de 35 à 55 % des pertes saisonnières des étangs semi-permanents et permanents. Les pertes saisonnières par évaporation dans les étangs comportant de la végétation sont réduites, car les plantes émergentes interceptent le rayonnement solaire et forment un rideau protecteur (Shjeflo, 1968; Eisenlohr, 1972). La transpiration des hydrophiles accentue les pertes d'eau qui sont corrélées à la hauteur des plantes émergentes (Eisenlohr, 1972).

Les pertes par infiltration sont généralement plus importantes et compensent largement pour la diminution de l'évapotranspiration dans les étangs avec végétation (Shjeflo, 1968). L'infiltration mesurée était de moins de 3 mm/jour à la surface des étangs, bien qu'elle soit plus élevée près des bords et quelquefois extrêmement variable. La présence de matériaux grossiers sur les bords des étangs et la lente percolation de l'eau le long des fissures verticales des moraines imperméables facilitent le débit sortant (Eisenlohr, 1972). La relation entre l'infiltration et l'exfiltration détermine le degré de salinité de l'eau, car le sel s'accumule dans les étangs sans débit sortant.

Le taux de perte d'eau des terres humides des Prairies est fonction de la taille des étangs, de leur profondeur et des ratios de superficie rivage–eau (Millar, 1976). Les terres humides de moins de 0.4 ha s'assèchent d'habitude complètement en surface à chaque année (Millar, 1976) tandis que les terres humides de plus de 2 ha sont généralement permanentes (Dix et Smeins, 1967). Les terres humides de faible étendue ont tendance à perdre davantage d'eau car leurs rivages sont proportionnellement plus étendus que les volumes d'eau qu'elles contiennent. Selon Millar (1971), les pertes d'eau en fonction du rivage constituent 60 % des pertes totales des étangs de moins de 0.04 ha, jusqu'à 50 % des pertes dans les étangs de 0.05 à 0.3 ha et de 30 à 35 % des pertes dans les étangs de plus de 0.4 ha. La majeure partie de ces pertes proviennent de l'évaporation qui se produit à la surface du sol et de la transpiration de la végétation périphérique. Les taux de pertes fluctuent en mai, se stabilisent au début de juin, atteignent un maximum à la fin de juillet et en août, et diminuent par la suite à l'automne.

Classification des terres humides des Prairies

Niveaux de classification

Le Groupe de travail national sur les terres humides a établi trois niveaux hiérarchiques de classification des terres humides du Canada; selon l'ordre décroissant ces niveaux sont : (1) la classe, (2) la forme et (3) le type (Tarnocai, 1980). L'annexe I présente la classification et les définitions des terres humides de ces trois niveaux. Trois classes de terres humides se trouvent dans les Prairies : (1) les marais, (2) les fens et (3) les plans d'eau peu profonde. On y a recensé au moins 20 formes de terres humides et une variété de types, comme le montre le tableau 5–5. On propose en plus six subdivisions de "sous-formes" des marais et des plans d'eau peu profonde qui serviront à préciser davantage la classification des terres humides en fonction de leur régime hydrologique et de gradients de salinité. Les classes, les formes, les sous-formes et les types sont présentés dans un ordre décroissant afin de bien démontrer les relations entre eux. Une description plus détaillée des sous-formes et des types vient ensuite, suivie de descriptions de sites de terres humides caractéristiques des Prairies.

Formes de terres humides

Les formes de terres humides des Prairies sont définies principalement en fonction de la morphologie de surface, comme la nature des reliefs, ainsi qu'en fonction des dépôts minéraux superficiels et de l'origine des eaux de surface. La plupart des terres humides des Prairies occupent des terrains qui ont été englacés, comme le montrent les kettles (cuvettes) et les bassins peu profonds, les formes de relief érodées par l'eau comme les vallées, les cours d'eau ou les chenaux et les formes de relief déposées par les eaux comme les lits des lacs glaciaires, les plaines d'inondation ou les deltas. Certaines terres humides n'existent que parce qu'elles occupent les aires d'émergence de sources ou d'eaux souterraines. Les caractéristiques hydrotopographiques, comme la position dans le bassin versant, les caractéristiques physiques de l'emplacement (étendue, pente, profondeur et matériaux) ainsi que le gradient, la liaison entre les bassins et leur élévation par rapport au niveau des eaux souterraines, sont toutes des variables qui influencent l'hydrologie et l'évolution des formes de terres humides.

Sous-formes de terres humides des Prairies

L'étendue du bassin versant ou du bassin hydrographique, le climat saisonnier, l'alimentation en eaux souterraines et la profondeur du bassin sont les caractéristiques qui influencent fondamentalement la pérennité de l'eau et, par conséquent, le développement d'une végétation de terre humide. Les facteurs qui influencent l'évolution de la végétation des terres

Tableau 5–5. Terminologie de la classification des terres humides des Prairies

Classe	*Forme*	*Sous-forme*	*Type*
Marais	De delta actif De chenal De plaine d'inondation De delta inactif De kettle D'infiltration De bassin peu profond De rivage De ruisseau De bassin terminal	Marais profond Marais peu profond Prairie humide	À petits joncs À plantes non-ligneuses mixtes À graminées mixtes Dénudé À laîches À laîches–graminées À grandes herbacées À grands joncs Arbustif supérieur
Plan d'eau peu profonde	Eau de chenal Eau de delta Eau de kettle Eau de délaissé Eau de bassin peu profond Eau de rivage Eau de ruisseau Eau de bassin terminal	Eau libre intermittente Lac salin intermittent Eau libre permanente	À plantes aquatiques flottantes Dénudé À plantes aquatiques submergées
Fen	De bassin Sourceux	—	Arbustif inférieur À laîches À laîches–graminées À grandes herbacées À grands joncs Arbustif supérieur

humides comprennent la périodicité, la profondeur, la durée et l'étendue des eaux superficielles et leur salinité ainsi que l'utilisation des terres. Le régime hydrologique exerce une influence prépondérante sur la répartition et la structure des terres humides et de leur couverture végétale et constitue le gradient environnemental le plus important influençant les terres humides (Walker et Coupland, 1970). Les zones de végétation sont toutefois un meilleur outil de prévision de la pérennité de l'eau que le régime hydrologique parce que la profondeur des eaux est instable selon les saisons ou les années. La présence ou l'absence de végétation et son mode de répartition sont des facteurs qui servent à classifier les terres humides des Prairies (Stewart et Kantrud, 1971).

Les zones de végétation des terres humides, bien que souvent transitoires, occupent dans les terres humides des Prairies des positions et des séquences prévisibles selon les gradients environnementaux moyens. Les marais de kettle à profil symétrique peuvent présenter des bandes concentriques de végétation allant d'une prairie humide extérieure jusqu'à l'eau libre; les espèces végétales qui s'y trouvent subissent l'influence de la compétition, l'adaptation et des conditions de germination liées à la durée de l'inondation (Weller, 1978). Des profils asymétriques ou des séquences d'abaissement–inondation peuvent inverser le cycle habituel et entraîner l'implantation d'espèces pionnières dans une ancien plan d'eau libre (Millar, 1976). Les zones de végétation sont différenciées par des gradients de hauteur, de structure et de composition floristique et sont modifiées davantage par les différentes phases influencées par les inondations, les abaissements et les perturbations (Stewart et Kantrud, 1971). Le cycle normal, la séquence et la position des zones respectives par rapport au centre du bassin ou de l'étang central sont des facteurs utiles pour classer les terres humides dans des catégories de pérennité ou dans des sous-formes.

Il a été établi que les sous-formes suivantes sont des unités intégrales de terres humides; elles sont désignées en fonction de la terre humide occupant la partie centrale du bassin, en régime hydrologique normal (Stewart et Kantrud, 1971; Millar, 1976).

Prairie humide

La prairie humide, bien que n'étant pas considérée comme une véritable terre humide, est un milieu de transition occupant le centre d'une dépression peu profonde ou une bande à la périphérie d'un étang plus profond (figure 5–2). Les eaux de surface persistent dans la prairie pendant quelques semaines au printemps ou après de fortes pluies mais disparaissent généralement par infiltration rapide et par évapotranspiration. La prairie humide est dominée par des espèces herbacées de basses à moyennes, des laîches et des herbes. Les espèces caractéristiques sont *Poa palustris, Calamagrostis inexpansa, Hordeum jubatum, Carex lanuginosa, Juncus balticus, Rumex maritimus, Mentha arvensis*, et *Salix petiolaris*.

Marais peu profond

Le marais peu profond est une sous-forme de terre humide qui occupe souvent une bande périphérique à l'intérieur de la prairie humide et quelquefois la partie centrale des plans d'eau saisonniers ou la périphérie d'étangs semi-permanents à permanents ou de lacs salés. Cette sous-forme comprend les milieux de "marais–prairie" et de marais peu profonds qui contiennent de 0 à 30 cm d'eau jusqu'au milieu de l'été (Walker et Coupland, 1970) et est classée comme région de saturée à inondée périodiquement (Cowardin *et al.*, 1979). Le marais peu profond comporte des phases exondées, d'abaissement, d'eau libre et de perturbation; il est généralement classé comme une région à plantes herbacées et à laîches résistantes, de hauteur moyenne, associées à des herbes hydrophiles et à certaines plantes flottantes. À la fin de l'été, il est d'habitude asséché et recouvert d'un tapis végétal continu (figures 5–3 et 5–4). Les espèces qui le caractérisent sont *Carex atherodes, Glyceria grandis, Scolochloa festucacea, Beckmannia syzigachne, Eleocharis palustris, Sparganium eurycarpum, Alisma plantago-aquatica, Polygonum coccineum, Sium suave*, et *Potamogeton gramineus*.

Figure 5–2.
Vue aérienne oblique basse (1977) d'un marais de bassin peu profond présentant une zonation d'eaux libres, de marais peu profond et de prairie humide, près de St. Denis en Saskatchewan (52° 15' N, 106° 01' O).

Marais profond

Le marais profond est une sous-forme de terre humide, appelé également "marais profond émer-

gent" par Millar (1976), qui est inondé jusqu'à la fin de l'été ou jusqu'à l'automne et est habituellement recouvert de 1 à 30 cm d'eau (Walker et Coupland, 1970). Il occupe le centre d'étangs semi-permanents ou la périphérie de plans d'eau permanents. Selon la périodicité des eaux, le marais profond peut présenter des étendues d'eau libre, exondées ou d'abaissement, entrecoupées habituellement d'un couvert végétal entremêlé épars ou fermé. On y voit souvent de hautes plantes emergentes robustes ou résistantes comme les joncs et les roseaux et de hautes plantes herbacées et quelques espèces submergées ou flottantes. Ce sont notamment *Scirpus lacustris* spp. *glaucus*, *Scirpus lacustris* spp. *validus*, *Scirpus fluviatilis*, *Scirpus maritimus*, *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Phragmites australis*, *Potamogeton pusillus*, *Ceratophyllum demersum* et *Drepanocladus* sp.

Plan d'eau libre intermittent

Le plan d'eau libre intermittent est une étendue d'eau périodiquement stable qui peut durer plusieurs années, passant successivement de l'état de marais peu profond à celui d'aire d'abaissement pendant les périodes sèches (figure 5–5). Cette forme secondaire de terres humides des Prairies, également appelée "plan d'eau transitoire" par Millar (1976), est généralement issue d'inondations prolongées de marais peu profonds ou profonds qui entraînent la disparition des plantes émergentes. Les espèces végétales submergées caractéristiques des plans d'eau libre permanents en sont absentes ou s'y développent lentement. Les espèces végétales submergées et flottantes prédominantes comprennent notamment *Potamogeton gramineus*, *Utricularia vulgaris*, *Potamogeton pusillus* et *Ranunculus subrigidus* (Millar, 1976).

Plan d'eau libre permanent

Le plan d'eau libre permanent, appelé également "plan d'eau libre peu profonde" par Millar (1976), est une sous-forme de terre humide; c'est une étendue d'eau libre peu profonde et stable qui occupe le centre ou la partie profonde d'un bassin où la profondeur de l'eau dépasse les 20 cm en septembre et peut atteindre 1 m ou plus (Walker et Coupland, 1970). Les espèces submergées ou aquatiques flottantes qui caractérisent le plan d'eau libre permanent sont *Ruppia*

Figure 5–3.
Vue au sol (1972) d'un marais peu profond dominé par des laîches et entouré d'une prairie humide et d'une bordure de saules. Ce marais est situé près de McConnell au Manitoba (50° 19' N, 100° 36' O).

Figure 5–4.
Vue au sol d'un bassin soumis à l'abaissement de la nappe phréatique où il y avait autrefois un marais peu profond. On y voit des tapis de végétation colonisatrice, notamment Eleocharis acicularis *qui croît sur des vasières. Près de Carmel en Saskatchewan (52° 15' N, 105° 21' O).*

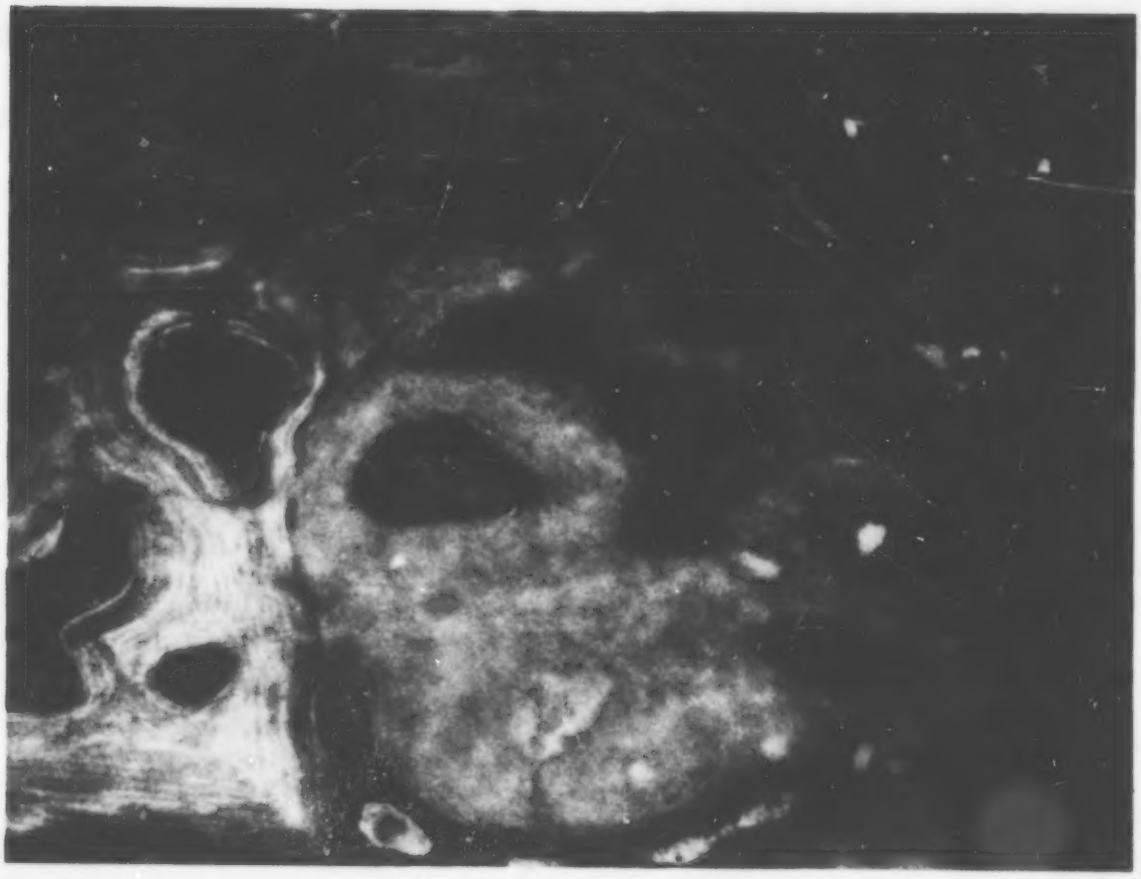


Figure 5–5.
Vue aérienne oblique de bassins de kettle retenant des eaux semi-permanentes et saisonnières sur une moraine mamelonnée, près de Rapid City au Manitoba (50° 10' N, 100° 04' O). La majeure partie des bas plateaux est cultivée.

occidentalis, Potamogeton vaginatus, Potamogeton pectinatus, Potamogeton perfoliatus ssp. *richardsonii, Myriophyllum spicatum* var. *exalbescens*, et *Ceratophyllum demersum*.

Lac salé intermittent

Le lac salé intermittent est une sous-forme de terre humide constituée d'un plan d'eau libre peu profonde, également appelé "lac alcalin ouvert" par Millar (1976), qui occupe les plaines inondées périodiquement ou les bassins terminaux où des sels alcalins (sulfates et chlorures de sodium [Na], de calcium [Ca], et de magnésium [Mg]) ont été concentrés par évaporation (figures 5–6 et 5–7). La seule espèce végétale qui s'y implante est *Ruppia maritima*, bien que le périmètre extérieur, moins salé, puisse être peuplé de *Scirpus maritimus, Scirpus americanus, Salicornia europaea* ssp. *rubra*, et *Suaeda maritima*. La section intitulée "Salinité et évolution des terres humides" du présent chapitre comprend un examen plus approfondi des lacs salés intermittents.

Types de terres humides et répartition

Le type de terres humides constitue le troisième niveau du système de classification des terres humides, les deux premiers étant la classe et la forme. Le type est déterminé par les formes de vie ou la physionomie générale de la végétation et est utilisé en rapport avec la forme de terre humide (Tarnocai, 1980). Dans le cas des marais des Prairies, la description du type précisera la végétation qui est d'habitude centrale ou dominante dans le bassin. Les plantes émergentes peuvent être dominantes malgré la présence d'un plan d'eau libre au centre. Lorsqu'il est difficile de déterminer la végétation dominante dans un vaste marais des Prairies, on aura recours à une description complexe.

Le tableau 5–6 énumère les types de terres humides répandus dans les Prairies et toutes les associations végétales prédominantes. Dans les terres humides de grande étendue, ces types peuvent occuper des zones successives et il n'est pas rare d'y trouver des types mixtes comme l'association laîches–plantes herbacées. Des arbustes supérieurs se trouvent généralement en bordure des terres humides ou dans les prairies humides. Des plantes

Figure 5–6.
Vue au sol d'une terre humide à eau peu profonde de kettle. Il s'agit d'un étang salé situé près de St. Denis en Saskatchewan (52°12' N, 105°59' O).

Figure 5–7.
Vue au sol d'un lac salin présentant des portions de rives dénudées et des plantes halophytes telles Salicornia europaea *ssp.* rubra *en bordure de l'eau libre. Près de Brumlie au Manitoba (50°17' N, 100°22' O).*

non ligneuses mixtes sont plus répandues dans les marais peu profonds influencés par la salinité, des perturbations ou un abaissement. Les espèces herbacées supérieures comme *Scolochloa* et *Phragmites* sont généralement associées à la périphérie des marais semi-permanents et permanents, tandis que d'autres espèces herbacées et les laîches dominent d'habitude les marais peu profonds et les prairies humides. Les joncs bas abondent généralement dans les marais peu profonds, les prairies humides ou les aires d'abaissement tandis que les grands joncs comme *Scirpus* spp. se retrouvent dans les marais profonds exondés ou les marais salés. Les plantes aquatiques flottantes et submergées dominent les cuvettes d'eau libre des marais profonds ou des terres humides d'eau peu profonde.

La composition floristique relative des divers types de marais tels à laîches, à joncs ou à grandes plantes herbacées, varie d'un endroit à l'autre dans la région de terres humides de la Prairie continentale (tableau 5–7). Au Manitoba, les marais à joncs sont plus répandus dans les moraines mamelonnées que dans les moraines de fond, tandis que les marais à laîches se retrouvent plus souvent dans ce dernier genre de sol. De façon similaire, un plus grand nombre de marais à joncs et de plans d'eau libre peu profonde ont été observés dans les moraines à relief élevé du centre de la Saskatchewan que dans celles à relief bas (tableau 5–7). Ces différences sont dues en partie aux kettles plus grandes, plus profondes et plus permanentes associées aux moraines mamelonnées à relief élevé.

Descriptions de certaines formes de terres humides des Prairies

La présente section donne des exemples de diverses formes et types de terres humides des Prairies. Elle présente une description et illustre les formes suivantes de terres humides et des types qui leur sont associés et qui sont très répandus dans la région de terres humides de la Prairie continentale. Le tableau 5–8 donne les mesures de la qualité des eaux et du sol qui ont été prises dans ces terres humides. Les descriptions portent sur les conditions qui existaient en 1972, quand le niveau des eaux de surface revenait à la normale après les fortes précipitations de 1970 et de 1971. Ces terres humides n'avaient pas encore subi les profondes modifications engendrées par l'exploitation agricole pratiquée depuis le milieu des années 1970 (Rakowski et Chabot, 1983).

Marais de plaine d'inondation à joncs

Ce marais de plaine d'inondation, situé sur la plaine de Newdale, au Manitoba, occupe un chenal abandonné de la vallée fluviale de Minnedosa (50°30' N, 100°22' O). La terre humide a une superficie de 0.9 ha, un périmètre de 0.7 km et est recouverte à 22 % d'eau libre (figures 5–8 et 5–9). Les eaux de

surface proviennent du débordement périodique d'un cours d'eau permanent dans le chenal et, peut-être, du suintement des eaux souterraines. Le marais est une terre humide d'eau douce semi-permanente.

Le 8 août 1972, la profondeur de l'eau mesurée à 10 m du rivage était de 45 cm; il y avait eu abaissement des eaux de la partie profonde du marais de cette terre humide.

Tableau 5–6. Types de terres humides et leurs associations végétales caractéristiques*

Type de terre humide	*Association—espèces dominantes*
1. Arbustif supérieur	*Salix petiolaris–Salix discolor*
2. À plantes non-ligneuses mixtes	*Salicornia europaea* ssp. *rubra–Suaeda maritima* *Alisma plantago-aquatica–Sium suave* *Sagittaria cuneata–Hippuris vulgaris* *Rumex maritimus–Rorippa* sp.*–Polygonum amphibium*
3. À grandes herbacées	*Scolochloa festucacea–Phragmites australis*
4. À herbacées mixtes	*Distichlis stricta–Puccinellia nuttalliana* *Beckmannia syzigachne–Alopecurus aequalis* *Hordeum jubatum* *Calamagrostis neglecta*
5. À laiches ou laiches–herbacées	*Carex aquatilis–Eleocharis palustris* *Carex atherodes–Scolochloa festucacea* *Carex rostrata–Glyceria grandis*
6. À grands joncs	*Scirpus maritimus* *Scirpus lacustris* ssp. *validus* *Typha latifolia* *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus–Typha latifolia*
7. À petits joncs	*Juncus balticus–Carex lanuginosa* *Triglochin maritima–Scirpus americanus* *Juncus bufonius–Isoëtes* sp.*–Alopecurus* sp. *Juncus balticus–Eleocharis palustris*
8. À plantes aquatiques flottantes	*Lemna trisulca–Lemna minor* *Potamogeton gramineus*
9. À plantes aquatiques submergées	*Myriophyllum spicatum–Ceratophyllum demersum* *Utricularia vulgaris* *Potamogeton pectinatus–Chara* sp. *Potamogeton pusillus–Ranunculus circinatus*

**Associations végétales représentatives tirées de Looman (1981, 1982) et Millar (1976).*

Tableau 5–7. Les plantes dominantes des types de terres humides de la Saskatchewan et du Manitoba : pourcentage de la composition végétale (printemps de 1976)*

	St. Denis		*Carmel–Peterson*		*Hamiota*		*Rapid City*	
*Type de terre humide***	*Nombre*	*%*	*Nombre*	*%*	*Nombre*	*%*	*Nombre*	*%*
Arbustif supérieur	44	20.1	51	23.2	34	12.9	24	6.6
À laiches	86	39.3	65	29.5	69	26.1	32	8.9
À herbacées—mixtes	16	7.3	16	7.3	10	3.8	13	3.6
—grandes	55	25.1	33	15.0	98	37.1	139	38.5
À plantes non-ligneuses mixtes***	3	1.4	2	0.9	1	0.4	1	0.3
À joncs—typhas	9	4.1	44	20.0	35	13.3	89	24.7
—scirpes	4	1.8	1	0.5	0	0.0	19	5.3
—mixtes	0	0.0	3	1.4	1	0.4	27	7.5
À plantes aquatiques*****	2	0.9	5	2.3	16	6.1	17	4.7
Total des terres humides	219	100	220	100	264	100	361	100

**Déterminée pour les terres humides présentant de l'eau de surface d'avril à mai.*

***La dominance est déterminée par la végétation occupant le centre du bassin ou une lisière en bordure de l'eau libre et recouvrant plus de 30 % du périmètre.*

****Il est possible de sous-estimer la quantité de plantes non-ligneuses mixtes vu le manque de persistance saisonnière de ces plantes.*

*****Eau libre au centre sans plantes émergées dressées résiduelles et sans lisières de végétation émergée de marais profond ou peu profond.*

Tableau 5–8. Analyses chimiques du sol et de l'eau de certaines formes et types de terres humides des Prairies

Forme (type) de terre humide	Eau de surface				Sol submergé					
	pH	Conductivité (mS/cm)	Alcalinité totale (mg/kg)	SO_4 (mg/kg)	Texture du sol*	Conductivité (mS/cm)	C organique (%)	NO_3-N (mg/kg)	PO_4 (mg/kg)	K (mg/kg)
1. Marais de plaine d'inondation (à joncs)	—	1.5	167	569	LL	—	—	—	—	—
2. Marais de ruisseau (à laiches-graminées)	8.0	1.1	—	—	A	0.8	6.1	1.0	12.0	585
3. Marais de chenal (à joncs)	8.0	1.1	—	—	L	2.7	9.6	5.4	5.0	460
4. Plan d'eau peu profonde de bassin terminal (à plantes aquatiques submergées)	10.0	8.6	—	—	LSA	3.0	1.0	3.8	8.0	450
5. Marais de bassin peu profond (à laiches)	8.2	0.4	187	3	A	0.5	7.4	2.4	9.0	700
6. Marais de kettle (à joncs)	—	2.1	120	507	A	1.3	3.2	2.4	3.0	445
7. Plan d'eau peu profonde de kettle (à plantes aquatiques submergées et flottantes)	9.0	1.9	294	797	L	2.4	11.6	1.8	3.0	600

*La texture du sol est : A—argile, L—loam, LA—loam argileux, LL—loam limoneux, LSA—loam sablo-argileux.

Ce marais comporte trois sous-formes caractérisées par des bandes de végétation particulières : d'eau libre permanente–aquatique, de marais profond à nappe phréatique abaissée et de marais peu profond à zone perturbée. Le plan d'eau libre, qui n'a que 5 m de diamètre, est peuplée des espèces aquatiques submergées suivantes : *Hippuris vulgaris*, *Sagittaria cuneata*, *Myriophyllum spicatum* et *Potamogeton perfoliatus* ssp. *richardsonii*. Le marais profond qui a de 3 à 6 m de largeur, porte une végétation éparse de *Sparganium eurycarpum*, *Scirpus lacustris* ssp. *validus*, *Typha latifolia* et *Alisma plantago-aquatica*. Le marais intérieur peu profond, qui est peuplé de *Carex* spp., de *Beckmannia syzigachne* et de *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus*, a de 6 à 12 m de largeur. Le marais extérieur peu profond et perturbé (de 15 à 40 m) est peuplée de *Carex* spp., *Beckmannia* sp. et *Scolochloa festucacea*. Le fond de la vallée environnante sert de terre à foin.

Marais de ruisseau à laîches–espèces herbacées

Cette terre humide d'eau douce (figure 5–10 et 5–11), située dans le chenal de la rivière Oak au Manitoba (50°19′ N, 100°36′ O), a une superficie d'environ 3.2 ha et un périmètre de 2.2 km bordé par les rives du cours d'eau. Les eaux de surface provenant du ruissellement et de l'écoulement intermittent du ruisseau sont semi-permanentes; le 27 juillet 1972, leur profondeur mesurée à 15 m du rivage dépassait les 68 cm. Des cuvettes d'eau libre d'un diamètre moyen de 10 à 30 m occupent 26 % de la terre humide.

Les espèces flottantes et submergées répandues dans les plans d'eau libre sont *Utricularia vulgaris*, *Lemna trisulca*, et *Lemna minor*. La marais peu profond périphérique (de 10 à 50 m de largeur) est peuplé d'associations clairsemées de *Scolochloa festucacea*, de *Carex* spp., d'*Eleocharis palustris*, de *Typha latifolia* et de *Sium suave*. Le 27 juillet 1972, l'abaissement de la nappe phréatique avait exondé 14 m de cette bande marécageuse peu profonde. La prairie humide, qui occupe une bande de 15 à 25 m, se compose de *Calamagrostis inexpansa*, de *Poa palustris* et de *Salix* sp. Les hautes terres adjacentes servent principalement à la culture et les prairies humides, à la production de fourrage.

Marais de chenal à joncs

Cette terre humide d'eau douce, qui occupe la moraine mamelonnée de la plaine de Newdale au Manitoba (50°30′ N, 100°31′ O), a une superficie de 12.2 ha et un périmètre de 2.3 km (figures 5–12 et

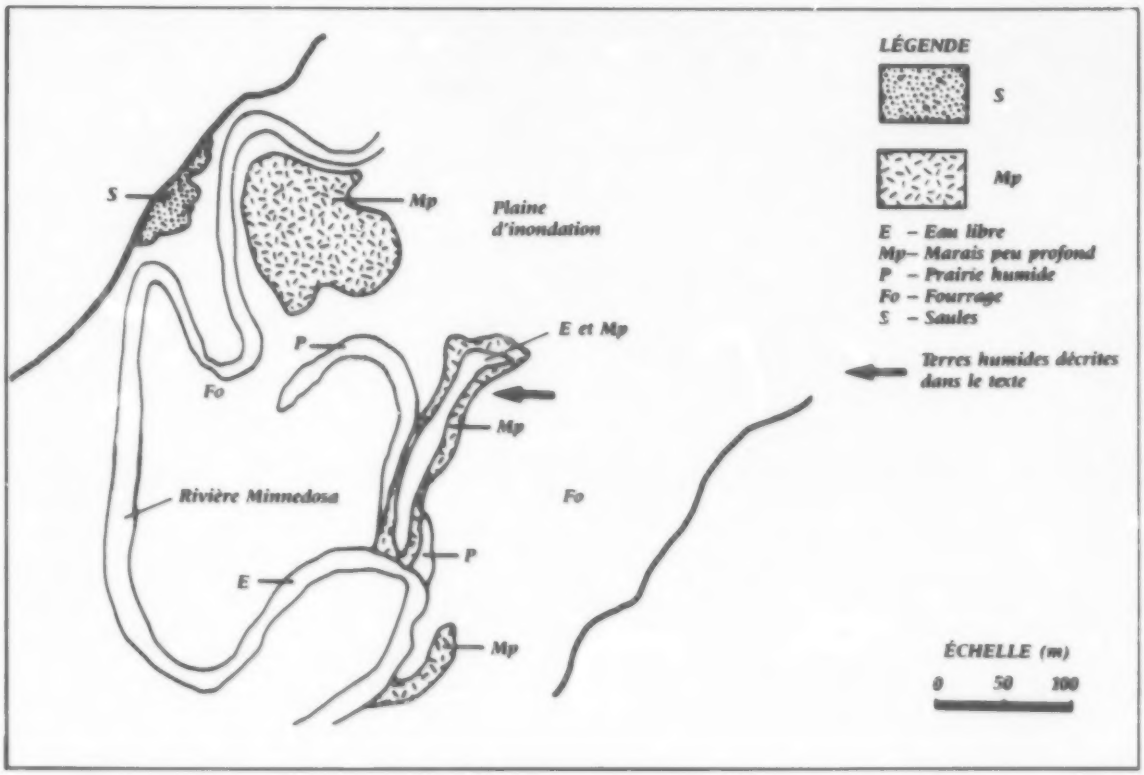


Figure 5–8.
Marais de plaine d'inondation (à joncs) situé dans la vallée de la rivière Minnedosa, près d'Elphinstone au Manitoba par 50° 30' N, 100° 22' O (à partir d'une photo aérienne de 1972).

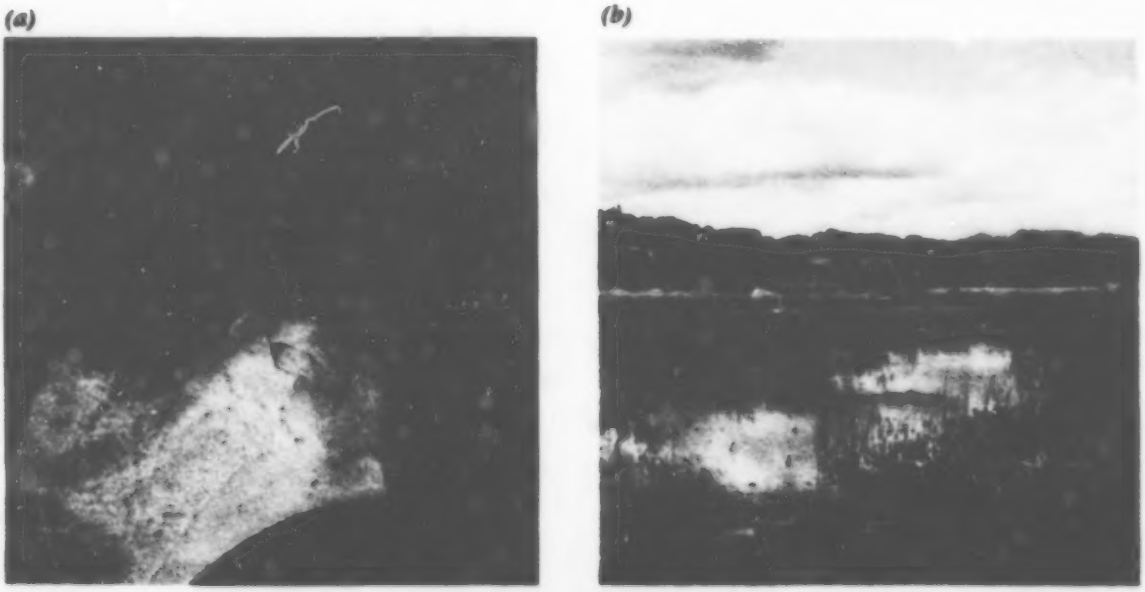


Figure 5–9.
Vue (a) aérienne oblique et (b) au sol (1972) d'un marais de plaine d'inondation situé dans la rivière Minnedosa, près d'Elphinstone au Manitoba (50° 30' N, 100° 22' O). Cette terre humide présente une eau libre parsemée de marais profonds, des marais profonds liés à l'abaissement des eaux et des marais peu profonds.

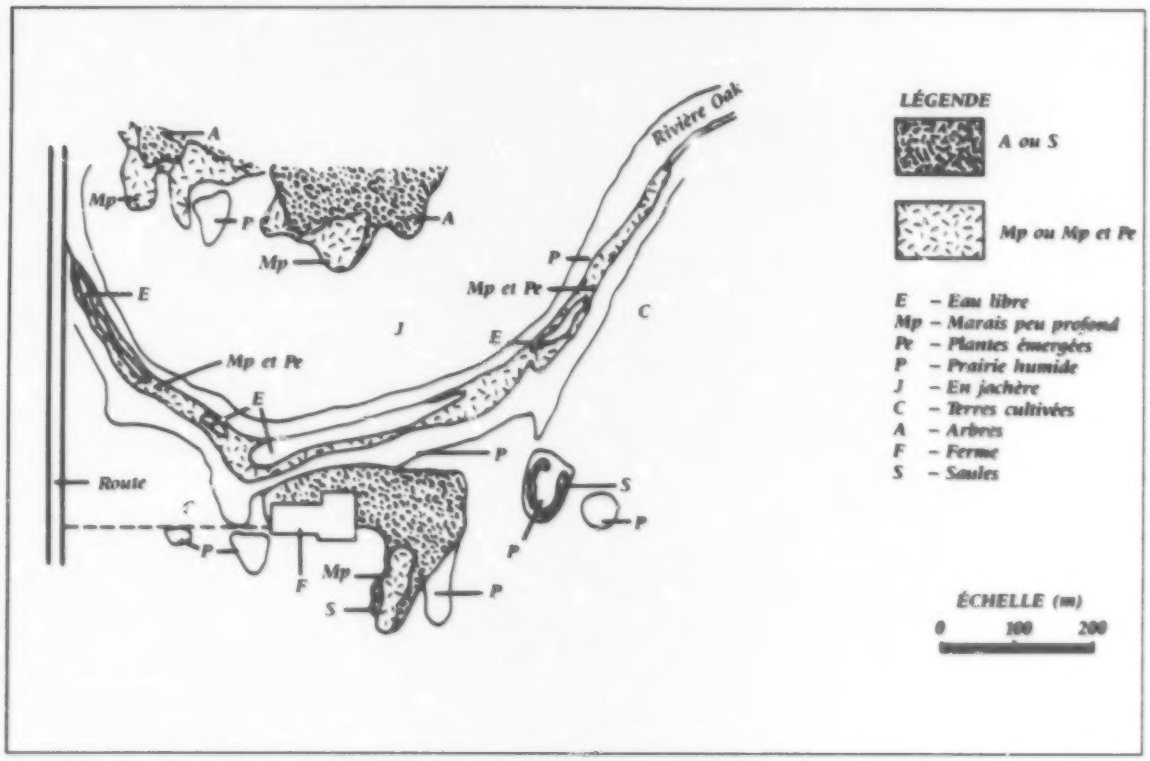


Figure 5–10.
Marais de ruisseau (du type à laîches–plantes herbacées) situé au nord de McConnel au Manitoba par 50° 20' N. 100° 30' O (à partir d'une photo aérienne de 1972).

Figure 5–11.
Vue au sol (1972) d'un marais de ruisseau situé dans le chenal de la rivière Oak (50° 19' N. 100° 36' O), près de McConnell au Manitoba. On note la prédominance d'eau libre, de marais peu profonds et de peuplements épars de plantes émergées caractéristiques de marais profonds.

5–13). Le marais reçoit les eaux de ruissellement et l'afflux intermittent des autres terres humides le long des voies naturelles de drainage qui ont été endiguées. Le marais se draine à son tour vers le sud par un petit tributaire de la rivière Oak. Les eaux de surface sont semi-permanentes et les plans d'eau libre permanents ont de 20 à 70 m de largeur et sont parsemés de peuplements clairsemés ou fermés d'espèces émergentes dans la partie profonde du marais. La profondeur de l'eau, qui a été mesurée au hasard dans la partie profonde du marais, le 9 août 1972, était de 60 cm.

Le marais comporte quatre bandes de terres humides stables et une aire instable d'abaissement. La végétation des plans d'eau libre permanents et des quelques aires d'émergence éparpillées se compose des espèces submergées suivantes : *Potamogeton pectinatus*, *Utricularia vulgaris*, et *Lemna trisulca* flottante. La partie profonde, dont la largeur moyenne varie de 20 à 40 m, se caractérise par *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus* et *Typha latifolia*. La partie peu profonde, dont la largeur varie de 15 à 25 m, se compose de peuplements fermés de *Scolochloa festucacea*, de *Carex* spp., de *Glyceria* spp. et d'*Eleocharis palustris*. La prairie humide (de 15 à 25 m) est peuplée de *Hordeum jubatum* et de *Juncus balticus*. Une aire d'abaissement de 8 à 15 m de largeur, se trouve dans la partie peu profonde du marais. Les hautes terres périphériques servent de pâturages et sont peuplées de tremblaies.

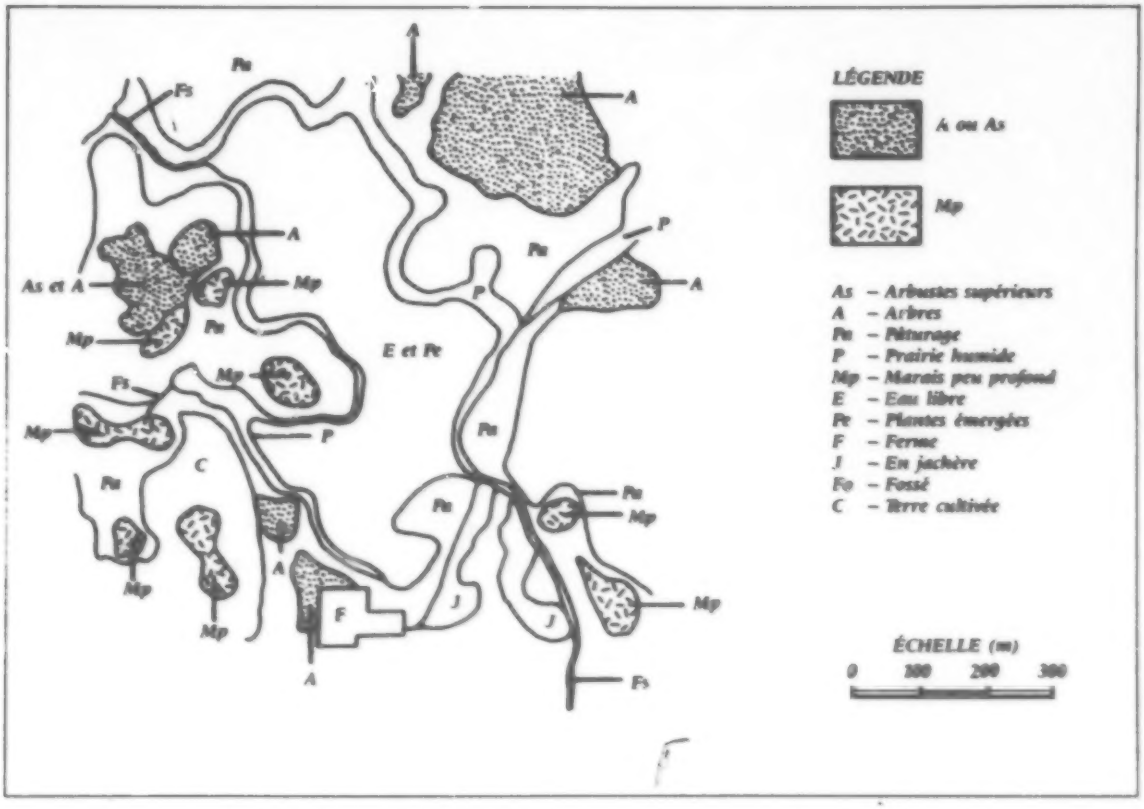


Figure 5–12.
Marais de chenal (du type à joncs) situé près de Menzie au Manitoba par 50° 31' N, 100° 31' O (à partir d'une photo aérienne de 1972).

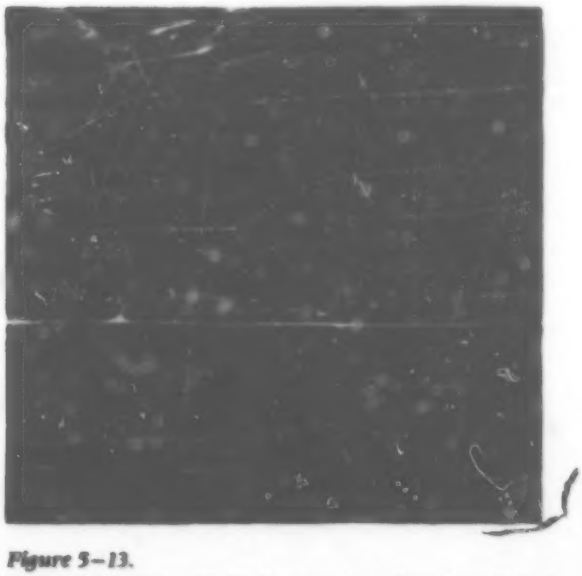


Figure 5–13.
Vue aérienne oblique (1972) d'un marais de chenal inondé situé près de Menzie au Manitoba (50° 30' N, 100° 31' O). Le marais est drainé par un petit ruisseau qu'on aperçoit à l'avant-plan.

Marais de kettle à joncs

Ce marais de kettle occupe également la moraine mamelonnée de la plaine de Newdale au Manitoba (50°09' N, 100°19' O). Le marais se trouve dans un bassin bilobé qui, en période d'étiage, peut former deux terres humides (figures 5–14 et 5–15). La terre humide a une superficie de 5.3 ha, un périmètre de 1.5 km et des plans d'eau libre composés de 7 cuvettes qui occupent 30 % de la surface. Le bassin, en raison de son isolement, ne reçoit que les eaux des précipitations et de ruissellement d'un bassin versant local. L'eau y est légèrement salée et a été qualifiée de quasi-permanente puisque la profondeur maximale de l'eau mesurée le 23 juin 1972 était de 75 cm.

Le marais comporte quatre sous-formes caractérisées par des bandes de végétation : végétation d'eau libre permanente-aquatique submergée, de marais profond, de marais peu profond et de prairie humide. La végétation du plan d'eau libre se compose de *Potamogeton pectinatus*, de *Ceratophyllum demersum*, de *Myriophyllum spicatum*, d'*Utricularia vulgaris* et de *Lemna trisulca*. La bande de la partie profonde du marais dont la largeur moyenne est de 20 m, porte une végétation clairsemée de *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus* et de *Typha latifolia*. La partie peu profonde adjacente (de 5 à 10 m de largeur) se compose de peuplements fermés de *Carex* spp. et d'*Eleocharis pa-*

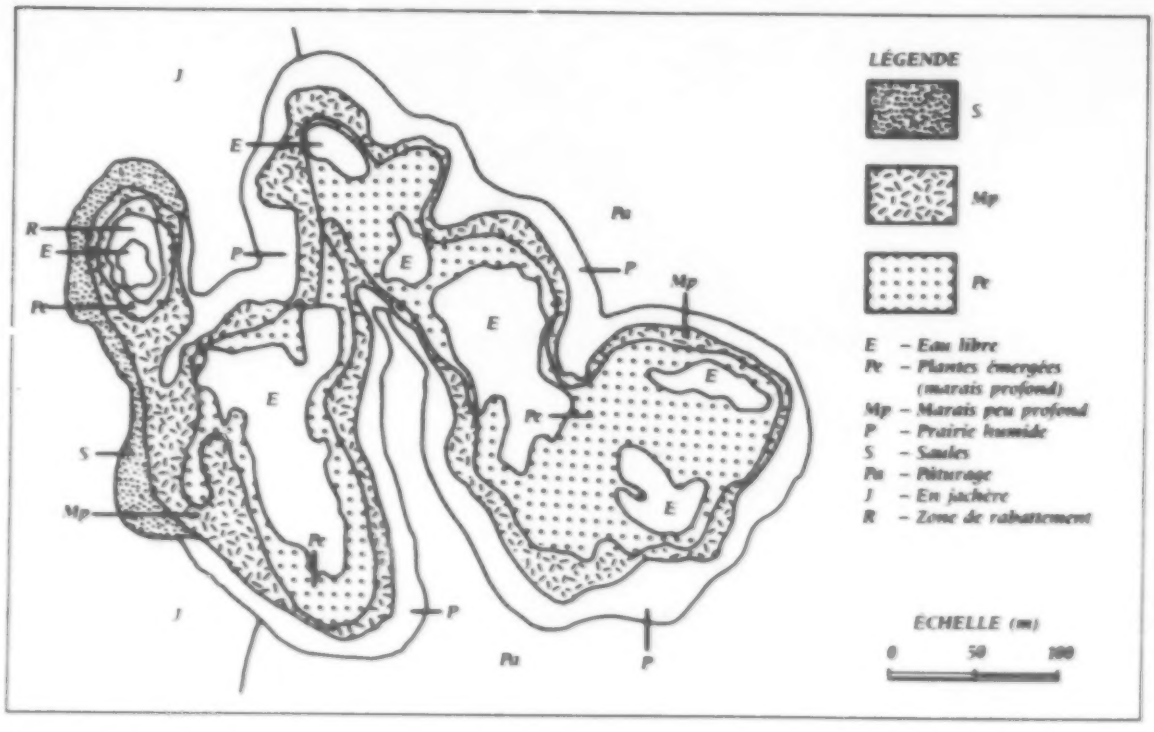


Figure 5–14.
Marais de kettle (du type à tonsu) situé près de Oak River au Manitoba par 50° 09' N, 100° 19' O (à partir d'une photo aérienne de 1972).

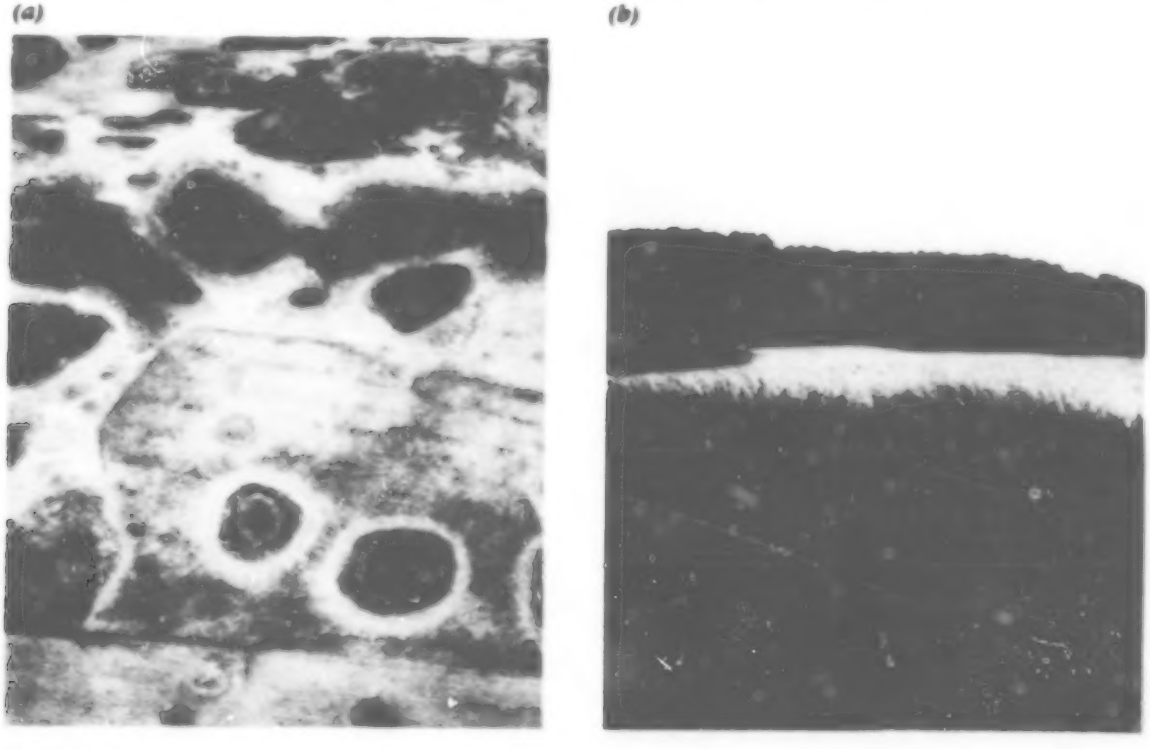


Figure 5–15.
*Vue (a) aérienne oblique (1972) et (b) au sol (1973) de marais de kettle près d'Oak River au Manitoba (50° 09' N, 100° 19' O). Le marais présente des étangs d'eau libre entourés de marais profonds (*Scirpus lacustris *ssp.* glaucus*) et de marais peu profonds (*Carex *ssp.*).*

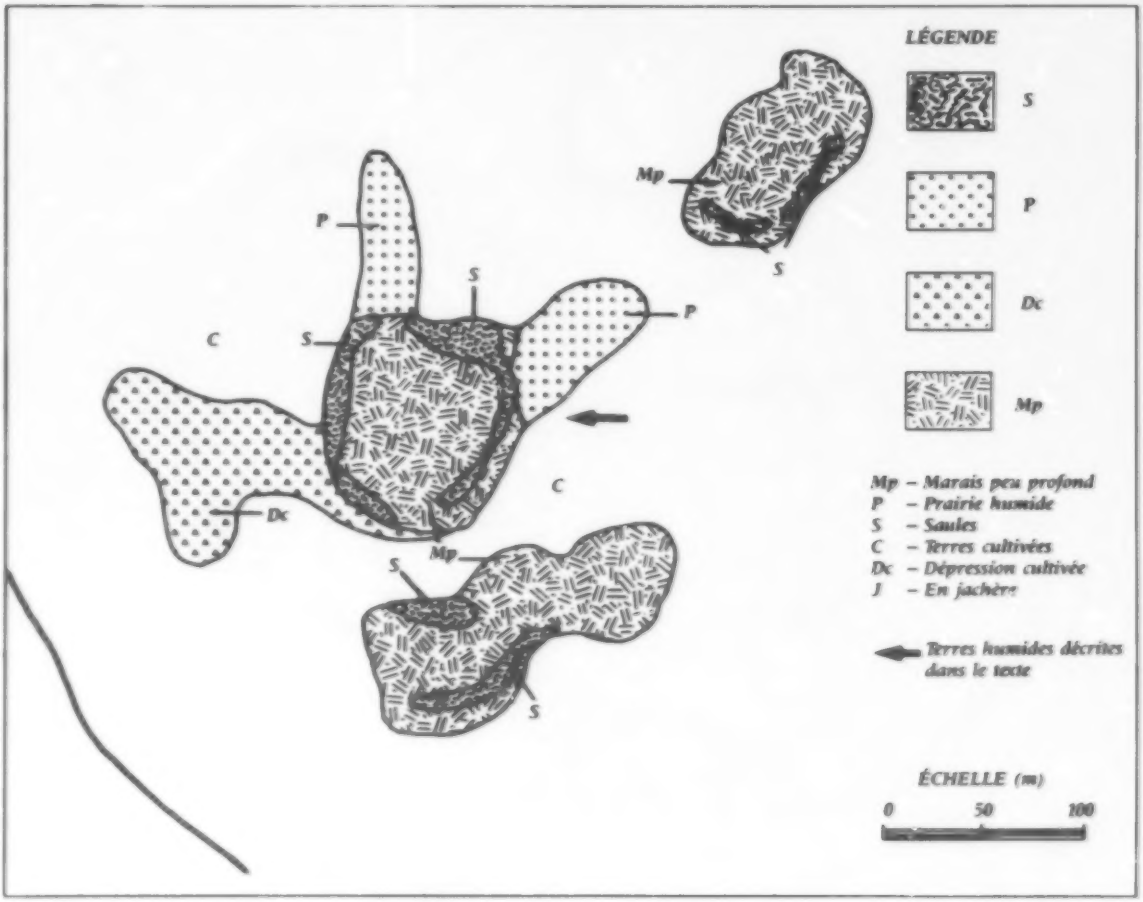


Figure 5–16.

Marais de bassin peu profond (du type à laîches) et terres humides associées, au nord de McConnell, Manitoba par 50°20′ N, 100°30′ O (à partir d'une photo aérienne de 1972).

lustris. La prairie humide forme une ceinture extérieure de 25 m de largeur autour de la terre humide. Les espèces qui la caractérisent sont *Hordeum jubatum*, *Distichlis stricta*, *Calamagrostis inexpansa*, *Juncus balticus*, *Triglochin maritima* et *Salix* spp. Sur les hautes terres environnantes, 25 % du périmètre est bordé de terres cultivées et 75 %, d'herbages, d'espèces arbustives inférieures et d'arbres.

Marais de bassin peu profond à laîches

Ce marais de bassin peu profond occupe la moraine de fond de la plaine de Newdale au Manitoba (50°20′ N, 100°30′ O). La terre humide (figure 5–16) est un bassin isolé d'une profondeur relativement uniforme; la profondeur maximale de l'eau mesurée le 26 juillet 1972 était de 60 cm. À cette date, la superficie et le périmètre de la terre humide étaient respectivement de 0.8 ha et de 0.3 km. Les limites de la terre humide changent en période de débordement des eaux, comme le montrent les prairies humides adjacentes et les dépressions cultivées. Les eaux douces de surface proviennent du ruissellement d'un bassin versant local créant un régime hydrologique saisonnier.

La terre humide n'a aucun plan d'eau libre permanent, à l'exception des petites cuvettes qui occupent au total 5 à 10 % de la surface. Les espèces submergées dominantes sont *Utricularia vulgaris* et *Potamogeton* sp. Un marais peu profond, qui occupe la majeure partie du bassin, est peuplé de *Carex* spp., d'*Eleocharis palustris*, de *Glyceria grandis* et d'*Alisma plantago-aquatica*. La prairie humide extérieure est dominée par *Beckmannia syzigachne* et une bordure de saules (*Salix* spp.). Certaines de ces espèces révèlent quelques-unes des perturbations qu'a subies le bassin. La terre humide est entourée de terres cultivées.

Plan d'eau de bassin terminal peu profonde à végétation aquatique submergée

Cette terre humide (figures 5–17 et 5–18) occupe des chernozems noirs, loameux argileux, modérément calcaires de la plaine de Newdale, une moraine

mamelonnée du sud-ouest du Manitoba (50°31′ N, 100°36′ O). La superficie maximale de la terre humide est d'environ 43.6 ha et son périmètre, de 4.8 km. Le bassin est inondé de façon semi-permanente par des eaux modérément salées provenant du ruissellement et d'apports d'eaux souterraines. Lors de l'échantillonage, l'eau libre occupait environ 59 % de la terre humide; le reste se composait d'un marais profond à *Scirpus maritimus* dont la largeur variait de 10 à 100 m. Une bande d'abaissement de 10 à 20 m de largeur portait une végétation eparse de *Scirpus maritimus* et de *Salicornia europaea* ssp. *rubra*. La partie le long du rivage (de 10 à 25 m) était densément peuplée d'espèces de marais peu profond et de prairie humide comme *Hordeum jubatum*, *Salicornia europaea* ssp. *rubra*, *Atriplex* sp. et *Distichlis stricta*. Le plan d'eau libre, dont la profondeur dépassait les 60 cm le 9 août 1972, était peuplé de *Potamogeton pectinatus* et d'algues non identifiées. Les terres environnantes sont des pâturages fortement exploités, parsemées ici et là de champs cultivés.

Plan d'eau peu profonde de kettle à végétation aquatique submergée/flottante

Cette terre humide (figures 5–19 et 5–20) occupe également la moraine mamelonnée modérément ondulée de la plaine de Newdale au Manitoba (50°31′ N, 100°15′ O). Elle est située dans une kettle de profondeur moyenne (bassin en forme de cuvette) où affluent les eaux de surface lorsque débordent deux kettles associées et un bassin peu profond. La terre humide peut à son tour déborder dans une autre kettle qui se draine par un fossé artificiel dans le lac Wolf. Cette terre humide légèrement salée a toutefois un régime hydrologique permanent et sa profondeur dépasse les 75 cm en période d'étiage. D'une superficie de 2.4 ha et d'un périmètre de 0.6 km, elle est surtout recouverte d'eau libre (82 %). Ce plan d'eau libre est dominé par des plantes aquatiques flottantes et submergées comme *Myriophyllum* spp., *Lemna trisulca* et *Drepanocladus* sp. et il est bordé en périphérie par une étroite bande d'abaissement qui avait 3 m de largeur le 28 juillet 1972 et était adjacent à un marais peu profond de 3 m de largeur caractérisé par une végétation fermée de laîches (*Carex* spp.), de *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus* et de *Juncus balticus*. La partie le long du rivage d'une largeur moyenne de 3 m, comportait notamment des communautés fermées de *Juncus balticus*, de *Calamagrostis inexpansa*, de *Cirsium arvense* et d'*Hordeum jubatum*. Sur les hautes terres environnantes, une lisière de peupliers et de saules occupe près de 60 % du périmètre; la terre avoisinante sert à la culture et au pâturage.

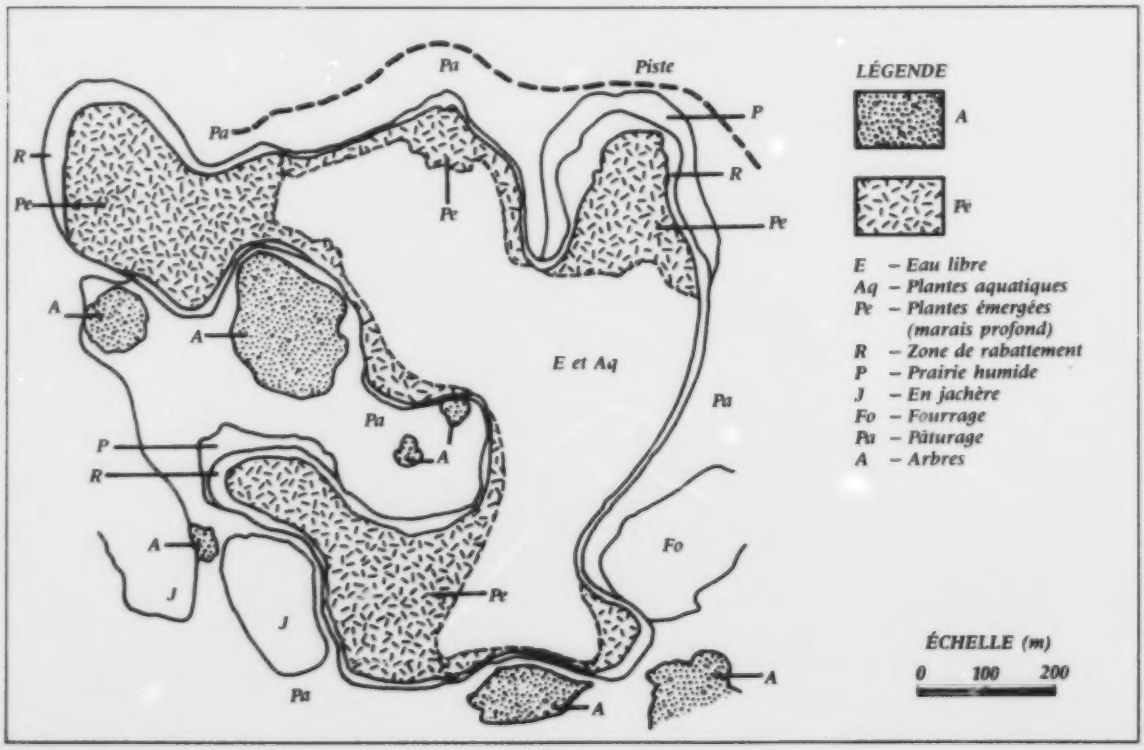


Figure 5–17.

Eau peu profonde de bassin terminal (du type aquatique submergée) situé au nord de Shoal Lake, Manitoba, par 50° 31′ N, 100° 36′ O (à partir d'une photo aérienne de 1972).

Figure 5–18.
*Vue aérienne oblique (1972) d'un plan d'eau peu profonde de bassin terminal, une terre humide saline, situé près de Shoal Lake au Manitoba (50° 31' N, 100° 36' O). Des peuplements de marais profond (*Scirpus maritimus*) croissent dans les baies et les rivages présentent une végétation clairsemée.*

Fen de bassin à plantes herbacées–laîches

Les fens de bassin forment des avant-buttes dans les extrémités nord et est des terres humides des tremblaies de la Prairie continentale, notamment sur certaines hautes terres élevées et dans des sols très calcaires comme dans l'interlac manitobain. Les fens de bassin sont inondés de façon saisonnière, mais la nappe phréatique peut s'abaisser sous leur surface vers le milieu de l'été. Les eaux de surface sont généralement alcalines et proviennent du ruissellement saisonnier dans des bassins isolés ou de l'exfiltration saisonnière des eaux souterraines. Des couches de tourbe humique ou mésique de 40 à 100 cm d'épaisseur peuvent former un tapis continu, quoiqu'on peut y trouver des cuvettes centrales où le sol minéral est exposé. Les principales espèces tourbicoles sont les laîches et les mousses aquatiques brunes (*Drepanocladus* spp.). Les espèces végétales caractéristiques regroupent également *Carex aquatilis, Glyceria*

(a)

(b)

Figure 5–19.
Vue (a) aérienne oblique et (b) au sol (1972) d'un plan d'eau profonde de kettle près d'Elphinstone au Manitoba (50° 31' N, 100° 15' O). La zone d'eau libre est entourée d'un marais peu profond et d'une prairie humide.

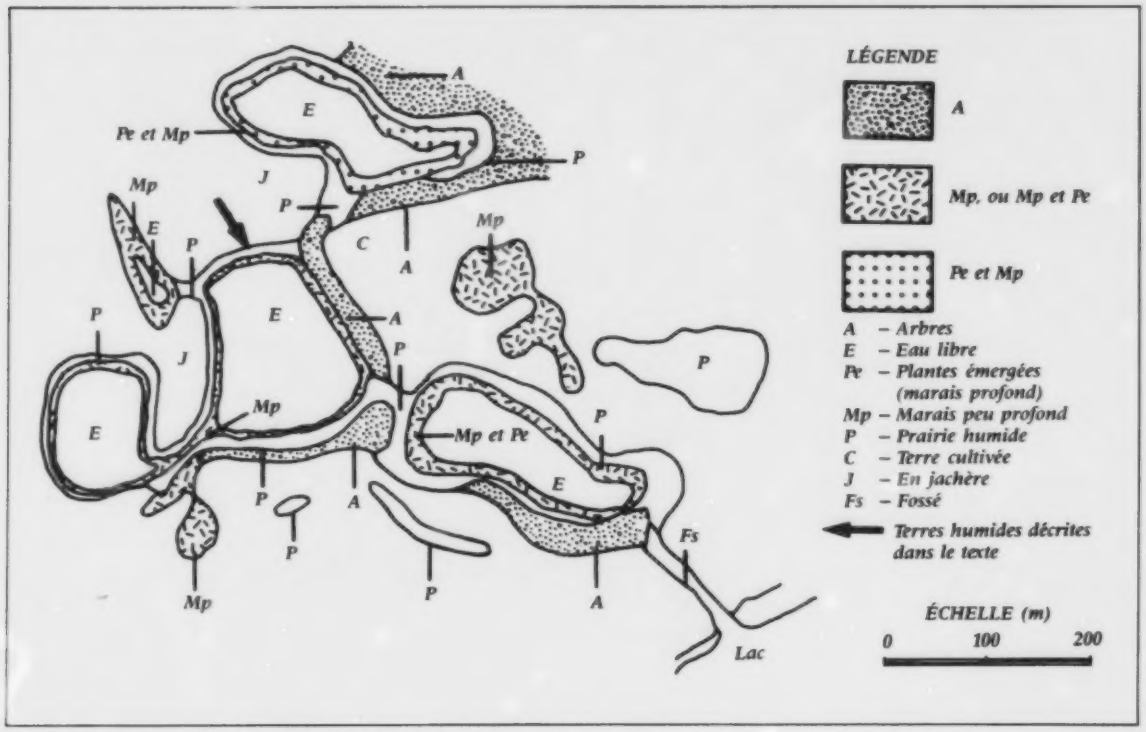


Figure 5–20.
Eau peu profonde de kettle (type aquatique submergée et flottante) et terres humides associées près de Elphinstone, Manitoba par 50° 31′ N, 100° 15′ O (à partir d'une photo aérienne de 1972).

striata, *Calamagrostis inexpansa*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*, *Salix interior* et *Salix candida*. Les espèces aquatiques répandues dans les cuvettes d'eau libre comprennent notamment *Potamogeton gramineus*, *Utricularia vulgaris*, *Chara* sp. et *Nymphaea tetragona*.

Évolution, formation et dynamique

Influence du régime hydrologique

Selon Walker et Coupland (1968), le régime hydrologique joue un rôle primordial dans l'écologie des terres humides. Ils ont établi que l'évolution de la végétation dans les terres humides était influencée par deux séries de variables environnementales, soit la profondeur initiale de l'eau et le taux de perte d'eau. Les espèces implantées dans la partie la plus mouillée du gradient présentent la variation de plus faible amplitude, parce que les taux de perte d'eau ont des effets négligeables sur la composition floristique des communautés enracinées plus profondément. Quand les profondeurs initiales de l'eau sont faibles, de légères modifications du taux de perte d'eau provoquent des changements plus importants du nombre d'espèces.

Un exemple d'écosystème instable où se déroulent des cycles réversibles et à court terme faisant d'un milieu presque terrestre un milieu quasi-aquatique est un marais de Prairie caractéristique (Weller et Fredrickson, 1973). Les cycles comportent quatre phases principales : (1) marais asséché—abaissement des eaux et germination des espèces pionnières sur le fond exondé; (2) régénération du marais—la ré-inondation après la germination et le remplacement des espèces annuelles par des plantes émergentes pérennes; (3) dégradation du marais—après plusieurs années d'inondation continue, les plantes émergentes meurent en grand nombre, laissant apparaître ici et là des trous dans la couverture végétale; et (4) marais lacustre—l'élimination de la couverture émergente centrale à la suite de la disparition d'un grand nombre de plantes, laissant apparaître un plan d'eau libre transitoire (Van Der Valk et Davis, 1980). Ce cycle dure cinq ans ou plus (Weller et Fredrickson, 1973), quoiqu'on s'est basé sur les relevés des précipitations et des niveaux d'eau des étangs effectués de 1950 à 1963 pour proposé l'hypothèse d'un cycle de sécheresse de sept ans dans le sud-ouest du Manitoba (Shay et Shay, 1983).

Weller et Fredrickson (1973) ont rassemblé des données sur la baisse de productivité d'un marais après sept ans d'inondation, suivie d'une période de régénération provoquée par l'abaissement de la nappe phréatique qui a entraîné le recyclage d'élé-

ments nutritifs et la germination de nouvelles espèces végétales diverses. Ainsi, la stabilité et la diversité des espèces ne correspondaient pas à la productivité. Van Der Valk et Davis (1980) affirment que la stabilité des eaux d'un marais entraîne une réduction de la diversité et l'apparition de groupements monodominants, puisque les communautés émergentes polydominantes sont limitées aux marais où il y a recyclage. Les fluctuations du niveau de l'eau favorisent les modifications de la dominance des espèces à différents stades, selon la disponibilité de réserves de graines adéquates, et entraînent à la longue l'apparition de communautés plus simples à moins que ne se produise une période de sécheresse.

La baisse des eaux dans les terres humides entraîne au départ une diminution des plantes flottantes et l'augmentation du nombre de laîches et d'autres plantes émergentes situées en périphérie (Kadlec, 1962). Les types de végétation colonisant les parties exondées dépendent de la période d'exposition et de la durée de l'assèchement (Harris et Marshall, 1963). Harris et Marshall ont étudié les abaissements dans un marais du refuge Agassiz au Minnesota. Des plantes émergentes comme *Typha latifolia* et *Scirpus lacustris* ssp. *validus* ont persisté jusqu'au début de juin dans les parties exondées qui s'asséchaient lentement. Les plantes non ligneuses annuelles, comme *Erigeron* sp., s'implantaient généralement après le milieu de l'été dans les sols exposés des platières qui s'asséchaient en trois à cinq jours. Les parties exondées avant le 1er août de la première année d'abaissement perdaient leur couverture de plantes émergentes pendant la seconde année d'abaissement, même si des groupements denses persistaient dans les sols fins. Après trois à cinq années consécutives d'abaissement sans ré-inondation, des espèces de saules envahissaient la région. Les espèces végétales qui envahissent d'habitude les parties exondées des terres humides de la Prairie comprennent notamment *Eleocharis acicularis, Senecio congestus, Rumex maritimus, Chenopodium rubrum, Polygonum coccineum, Beckmannia syzigachne, Alisma plantago-aquatica* et *Sagittaria cuneata* (Dix et Smeins, 1967; Stewart et Kantrud, 1971). Il faut généralement des périodes d'abaissement de un à deux ans, tous les cinq à dix ans, pour que survivent les marais à végétation émergente.

Une ré-inondation du marais, après une période d'abaissement provoque une régénération des plantes aquatiques pérennes ainsi que la propagation et la multiplication végétative des espèces émergentes ayant germé auparavant (Kadlec, 1962). La ré-inondation d'un marais du refuge Agassiz a fait disparaître les plantes annuelles de la platière et du rivage, et des peuplements de *Typha latifolia, Scirpus lacustris* ssp. *validus, Eleocharis* sp., *Carex* spp., *Salix* spp. et *Potamogeton pectinatus* s'y sont implantés au cours de la première année (Harris et Marshall, 1963). Weller et Fredrickson (1973) ont signalé la disparition, après inondation, de *Scirpus lacustris* ssp. *validus*, le déclin de *Typha glauca, Elodea* sp., *Chara* sp. et *Potamogeton foliosus* et la prolifération de *Potamogeton pectinatus, Ceratophyllum* sp. et *Utricularia* sp. Après deux ans ou plus d'inondation, 27 % des groupements du marais peu profond s'étaient transformés en plans d'eau libre transitoires et la plupart des plantes émergentes, comme *Scolochloa festucacea*, étaient mortes après trois ans d'inondations atteignant de 76 à 90 cm (Millar, 1973). Une inondation peut inverser temporairement les stades de succession en fragmentant la végétation émergente et en réduisant l'accumulation de matières organiques.

La tolérance à la profondeur d'eau et à la durée de la présence d'eau de surface varie selon les plantes émergentes. Dans le refuge Agassiz, *Typha latifolia* et *Carex* spp. disparaissaient après quatre ou cinq ans d'inondations de 30 à 38 cm (Harris et Marshall, 1963). Shay et Shay (1983) ont observé que *Typha* spp. survivait dans des sols gorgés d'eau où les eaux atteignaient jusqu'à 75 cm, mais que *Typha latifolia* ne tolérait pas des inondations de 50 cm pour plus de deux ans. *Typha angustifolia* pouvait toutefois tolérer des profondeurs de 50 à 80 cm. La profondeur optimale de l'eau pour la floraison de *Scolochloa festucacea* est de 21 à 40 cm, même si ces plantes peuvent survivre temporairement à des profondeurs allant jusqu'à 70 cm (Smith, 1973). *Phragmites australis* peut tolérer des niveaux d'eau variables allant de 0 à 100 cm, mais est généralement éliminée par plus de 100 cm d'eau (Shay et Shay, 1983). Des inondations de plus de 38 cm sur trois ans ont entraîné la disparition de peuplements l'*Eleocharis palustris* et de *Scirpus lacustris* ssp. *validus* (Harris et Marshall, 1963).

Selon Shay et Shay (1983), la tolérance à l'inondation des scirpes (*Scirpus* spp.) est variable. *Scirpus lacustris* ssp. *validus* disparaît généralement à la suite d'inondations parce que les profondeurs optimales d'eau qu'il peut supporter vont de 0 à 20 cm; *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus* persiste à des profondeurs de 0 à 80 cm et survit à des inondations de 2 m, mais les profondeurs auxquelles il prolifère vont de 15 à 45 cm; *Scirpus maritimus* tolère des fluctuations de niveaux allant de 40 à 65 cm et supporte des écarts annuels très importants.

Cycle des éléments nutritifs

La croissance végétale et, par conséquent, la productivité primaire des terres humides dépendent de la disponibilité des éléments nutritifs dissous dans l'eau et dans les sols. La disponibilité des éléments nutritifs est fonction de la source, de la concentration et du taux de renouvellement découlant des inondations ou du lessivage (Gosselink et Turner, 1978). Les terres humides peuvent exporter ou accumuler des éléments nutritifs, selon leur régime hydrologique (Kadlec et Kadlec, 1979), et le renouvellement régulier des eaux empêche l'accumulation de teneurs toxiques en sel (Gosselink et Turner, 1978). L'apport constant d'eau venant de sources extérieures explique la productivité continue des marais d'eau douce (Klopatek, 1978), car des éléments nutritifs comme

l'azote (N) augmentent dans les marais fréquemment inondés. Pendant une inondation ou en période de hautes eaux, des sédiments colloïdaux peuvent adsorber des ions, les éliminant ainsi du réseau jusqu'à ce qu'un abaissement entraîne la libération des éléments nutritifs par lessivage et par décomposition rapide de la matière organique (Kadlec, 1962; Klopatek, 1978). L'oxygène (O) s'épuise dans les marais saturés où les eaux ne se renouvellent pas. Les conditions anaérobies qui s'ensuivent augmentent la disponibilité de certains éléments nutritifs comme les phosphates qui deviennent alors solubles (Gosselink et Turner, 1978). Le niveau d'eau bas qui prévaut en période d'abaissement entraîne une augmentation en gaz carbonique (CO_2), ce qui provoque la dissolution d'un plus grand nombre de carbonates sous forme de bicarbonates (Kadlec, 1962).

L'absorption d'éléments nutritifs par les plantes est liée à la concentration des éléments nutritifs et à la quantité de matière végétale (Kadlec et Kadlec, 1979). Les producteurs primaires absorbent le phosphore (P) et le N de l'eau, mais la majeure partie de P est liée organiquement dans les sédiments (Klopatek, 1978). Les plantes émergentes prélèvent le N et les phosphates des sédiments pour les restituer à l'eau (Kadlec et Kadlec, 1979). Les macrophytes émergents tirent presque tous leurs éléments nutritifs du sol; il existe d'ailleurs une corrélation entre la teneur totale du sol en N et la concentration de N dans les tissus de *Typha latifolia*, de *Scirpus fluviatilis* et de *Carex lacustris* (Klopatek, 1978). Selon Klopatek (1978), la teneur en éléments nutritifs des plantes dépend de la phénophase et la teneur maximale a généralement lieu au début de la saison de croissance. L'accumulation la plus importante de N et de P chez *Typha* spp. coïncide toutefois avec la période de pointe de biomasse de surface. En juin et juillet, l'absorption de Ca et de Mg échangeables par les macrophytes entraîne une diminution de ces minéraux dans le sol.

Les plantes restituent les éléments nutritifs par la décomposition de leurs tissus végétaux et grâce à l'action microbienne. Davis et Van Der Valk (1978) estiment que le taux de transformation des éléments nutritifs des débris organiques dépend de la période de chute des débris, des caractéristiques du lieu, de la durée de la submersion et de la plage des concentrations initiales des éléments nutritifs. Ils ont établi que 39 % du N disponible provenait de la décomposition des débris de *Scirpus fluviatilis* tandis que 58 % du N disponible venait de débris de *Typha glauca*. De façon similaire, la lixiviation précoce éliminait respectivement 37 % et 65 % du P des débris de *Scirpus* et de *Typha* avant le 15 novembre. Les éléments nutritifs libérés par la décomposition retournent dans les sédiments.

Selon Klopatek (1978), les sols des marais submergés sont dans un état anaérobie, à l'exception d'une mince interface sol–eau qui est aérobie. Le faible potentiel d'oxydo-réduction ralentit la décomposition. La couche oxydée sert à emprisonner le P et à libérer le N sous forme d'ammoniac assimilable par les plantes. Ce processus s'appelle la dénitrification. Dans les sols, les phosphates et le N se retrouvent à l'état dissous dans les eaux intersticielles, sous forme d'ions adsorbés ou de précipités, ou sont liés organiquement aux particules des sédiments. Dans les marais plus stables, l'accumulation de sédiments et de biomasse en place peuvent entraîner un cycle fermé où il y a moins d'échanges d'éléments nutritifs aux frontières sol–eau (Gosselink et Turner, 1978). À la longue plus d'éléments nutritifs sont emprisonnés dans les sédiments, hors d'atteinte des plantes, à moins que ne se produise une baisse du niveau des eaux. Dans des conditions aérobies, les augmentations du N disponible dans le sol sont causées par la nitrification (Kadlec, 1962).

Afin d'obtenir des données de base sur les éléments nutritifs dans des sols typiques de marais, on a prélevé des échantillons dans les horizons superficiels de sols submergés dans des plans d'eau peu profonde semi-permanents et des marais de la plaine de Newdale au Manitoba en 1972. Le Manitoba Soil Survey Laboratory a analysé les éléments nutritifs et les textures des sols (tableau 5–9). Même si la texture des sols variait du loam à l'argile, les matériaux originels avaient une texture moyenne et comportaient une moraine modérément calcaire (Ehrlich *et al.*, 1956). Seulement 8 % des terres humides échantillonnées avaient des teneurs en carbone organique (C) supérieures à 14 %; une terre humide recelait une forte accumulation de matières organiques. Les terres humides salées étant exclues, la conductivité des sols était inférieure à 3.5 mS/cm. La teneur en azote sous forme de nitrates variait de 0 ou d'une quantité infime à 23.8 mg/kg, mais 93 % des mesures prises étaient inférieures à 10 mg/kg. Les données sur la fréquence de l'azote à l'état de nitrates et du P disponible ont été réparties asymétriquement à gauche. Les concentrations de phosphore étaient généralement faibles, 85 % d'entre elles étant inférieures à 20 mg/kg. Même si la plupart des concentrations de ces éléments nutritifs dans les sols semblent faibles, l'assèchement peu fréquent du substrat et l'absorption saisonnière d'éléments nutritifs par les plantes aquatiques peuvent en être les causes.

Salinité et évolution des terres humides

Classes de salinité

La salinité est une estimation de la concentration de matières solides inorganiques dissoutes totales ou de sels dans l'eau, exprimée en milligrammes par kilogramme (mg/kg) ou par la conductivité spécifique en millisiemens par centimètre (mS/cm). Les niveaux de salinité des terres humides et des eaux de surface peuvent fluctuer énormément pendant une saison ou une année, en fonction du niveau des eaux et des apports d'eau souterraines. La composition des sels ou des ions varie considérablement selon les matériaux de surface (Moyle, 1945), les eaux souterraines

Tableau 5–9. Propriétés chimiques* de 41 échantillons provenant de marais semi-permanents à Newdale Plain au Manitoba (1972)**

Analyse	*Moyenne*	*Plage*
Conductivité du sol (mS/cm)	1.18	0.3–3.4
C organique (%)	7.75	0.6–42.8
NO_3-N (mg/kg)	3.86	0.0–23.8
P disponible (mg/kg)	10.70	1.0–57.0

**Les analyses ont été réalisées par le Manitoba Soil Survey Laboratory de l'Université du Manitoba.*
***Ne comprend pas les échantillons provenant de terres humides salines dont la conductivité de l'eau est supérieure à 15.0 mS/cm.*

(Last et Schweyen, 1983), l'évaporation, la perméabilité des sols et la topographie (Driver et Peden, 1977).

En règle générale, les classifications de la qualité des eaux de surface intérieures reposent sur la salinité totale, généralement exprimée par la conductivité spécifique. Diverses classifications de la salinité sont utilisées selon l'objectif visé. Les limnologistes définissent habituellement les eaux salées comme des eaux où les teneurs en sels dépassent 3 000 mg/kg (Hammer, 1978). Millar (1976) a modifié un système de classification de la salinité proposé par Stewart et Kantrud (1971) et a proposé quatre groupes : (1) eau douce (0.04 à 2 mS/cm), (2) eau modérément salée (2 à 15 mS/cm), (3) eau salée (15 à 45 mS/cm) et (4) eau hypersalée (plus de 45 mS/cm). Le système de classification de Cowardin *et al.* (1979) propose six classes de salinité, où l'eau douce a moins de 0.8 mS/cm et l'eau hypersalée (ou hypersaline), plus de 60 mS/cm. Une même terre humide pourrait fort bien appartenir à plusieurs classes en raison des importantes fluctuations saisonnières de sa salinité (Shay et Shay, 1983).

Les système de classification plus détaillés de la salinité reposent sur la composition ionique des eaux de surface. La plupart des terres humides de Prairie entrent dans les classes dites d'eau dure ou d'eau alcaline, où l'alcalinité totale dépasse 40 mg/kg et les ions sulfates (SO_4) dépassent 50 mg/kg (Moyle, 1945). À l'exception de la classe des eaux hypersalées, la plupart des terres humides occupant des moraines mamelonnées correspondent à trois types de qualité des eaux tels que définis par Meyboom (1967a) et Rozkowska et Rozkowski (1969) :

(1) Bicarbonate (HCO_3) avec Ca et Mg. Matières solides dissoutes totales de 100 à 700 mg/kg (moins de 0.5 mS/cm). Eau caractéristique des étangs d'eau douce, des étangs temporaires ou des étangs d'alimentation.

(2) Bicarbonate–sulfate (HCO_3–SO_4) avec Ca et Mg. Matières solides dissoutes totales de 700 à 2 000 mg/kg (de 0.5 à 3 mS/cm). Eau caractéristique des étangs semi-permanents ou des étangs où émerge un écoulement souterrain local.

(3) Sulfate–magnésium (SO_4–Mg) ou sulfate–bicarbonate–magnésium-calcium (SO_4–HCO_3–Mg–Ca). Matières solides dissoutes totales de 2 000 à 12 900 mg/kg (de 15 à 25 mS/cm). Eau caractéristique des étangs semi-permanents à permanents où émerge un écoulement souterrain intermédiaire.

Driver et Peden (1977) ont établi que la transition entre la dominance de l'ion de HCO_3 et des ions de SO_4 se produit à 0.6 mS/cm, tandis que celle entre les SO_4–HCO_3 et les SO_4–Cl (sulfate–chlorure) se produit au-dessus de 12 mS/cm. Dans le Dakota du Nord, Adomaitis *et al.* (1983) ont constaté que les valeurs de la conductivité spécifique étaient plus faibles dans les étangs temporaires et saisonniers (de 0.15 à 2.8 mS/cm), moyennes dans les étangs semi-permanents et permanents (de 0.18 à 60 mS/cm) et plus élevées dans les étangs alcalins (salés) (de 4 à 67 mS/cm). Des tendances similaires ont été relevées pour les autres ions.

Origines de la salinité

Les différences de composition chimique des eaux de surface s'expliquent souvent par les matériaux superficiels sous-jacents et la composition de l'assise rocheuse. Moyle (1945) a fait un lien entre des eaux dures et alcalines (salées) et des dépôts glaciaires calcaires surmontant une assise rocheuse du crétacé. Les sols salés sont souvent issus d'alluvions et de dépôts lacustres formés récemment par un drainage entravé ou sur des hautes terres recevant le suintement de schistes argileux préglaciaires sous-jacents (Coupland, 1961; Meyboom, 1967b). Selon Last et Schweyen (1983), la dissolution d'évaporites solubles du paléozoïque, comme les carbonates et les sulfates, par les eaux souterraines a modifié les couches géologiques et offert une source d'ions aux lacs salés; les chenaux proglaciaires et les déversoirs, y compris certaines vallées enfouies, déterminent la direction de l'écoulement et la quantité d'eaux souterraines émergeant à ces endroits. Les variations de salinité dépendent des teneurs en sels solubles des sols, des dépôts glaciaires et des conditions de l'écoulement souterrain (Rozkowski, 1969).

La chimie des eaux de surface telle que déterminée par les eaux souterraines et l'écoulement entre les eaux est modifiée par l'évaporation en surface qui entraîne la concentration des sels solubles et la précipitation des sels moins solubles (Rozkowski, 1969). Les ions proviennent également du processus d'échange ionique et de l'activité biologique. Par conséquent, la salinité augmente d'habitude dans les étangs d'émergence sans écoulement sortant (Eisenlohr et Sloan, 1968).

Variations de salinité

Les fluctuations saisonnières et annuelles extrêmes de la profondeur de l'eau entraînent des variations correspondantes de salinité (Stewart et Kantrud, 1972). Le débordement des eaux (hausse des niveaux)

peut laver les sels, et la dilution des eaux de surface peut réduire les conductivités spécifiques. En règle générale, les augmentations de salinité sont induites par l'évapotranspiration, mais des augmentations de ce genre dans les étangs de faible salinité sans baisse correspondante de la profondeur de l'eau sont causées par des apports d'eaux souterraines salées. Dans les bassins perchés, l'écoulement sortant a tendance à réduire la concentration de sels. Malgré les fluctuations de niveau d'eau, la salinité de nombreux marais salés augmente graduellement car des eaux souterraines salées y affluent continuellement (Looman, 1981).

Driver et Peden (1977) ont établi un lien entre les modifications saisonnières de la salinité et la pérennité de l'eau. Pendant une période de quatre ans (de 1968 à 1971), la salinité saisonnière d'un étang temporaire est passée de 47 à 78 % et les ions dominants étaient Ca, K (potassium), Mg et HCO_3. La salinité est passée de 25 à 93 % dans des étangs semi-permanents où les ions dominants étaient de Mg, Na, Ca, SO_4 et HCO_3. Dans un étang permanent, les augmentations saisonnières totales de salinité allaient de 10 à 36 %; les ions dominants étaient Ca, Mg, K, HCO_3, SO_4 et Cl. Driver et Penden (1977) ont observé que les modifications saisonnières de salinité étaient de moindre importance dans les étangs permanents où la configuration ionique générale ne changeait pas beaucoup.

Les paramètres de la qualité de l'eau mesurés dans des terres humides échantillonées au Manitoba et en Saskatchewan présentent des similitudes et des différences attribuables à la composition des matériaux de surface et des couches géologiques. Les valeurs de la conductivité spécifique et des ions de sulphate étaient plus élevées à Rapid City au Manitoba qu'à St. Denis en Saskatchewan, mais l'alcalinité totale et les ions calcium des deux endroits étaient similaires (tableau 5–10). Les matériaux superficiels des deux sites se composent de dépôts glaciaires modérément calcaires surmontant des schistes argileux du crétacé (Nicholson, 1957; Ehrlich *et al.*, 1956). Toutefois, les différences que présentaient les paramètres de la qualité de l'eau des terres humides de la plaine de la Saskatchewan et des basses terres du Manitoba révèlent une certaine influence géologique ou hydrologique (tableau 5–11). Les conductivités spécifiques étaient beaucoup plus élevées et l'alcalinité totale était très réduite dans les basses terres. Ce phénomène peut s'expliquer par la nature différente de l'assise rocheuse et des matériaux superficiels et par la présence probable dans les basses terres d'un plus grand nombre de terres humides où des réseaux régionaux souterrains émergent.

Salinité et communautés végétales

Une augmentation de salinité force les plantes à régulariser leur absorption de sel et à empêcher leur déshydratation en maintenant une pression osmotique interne élevée. Certaines espèces font varier leur pression osmotique selon la saison pour s'adapter aux modifications saisonnières des teneurs en sels; d'autres espèces ont une faible tolérance en raison de leur dépendance à l'égard d'une source constante d'eau souterraine (Meyboom, 1967b). La végétation reflète les conditions moyennes de salinité; certaines espèces ont un seuil élevé de tolérance à des fluctuations saisonnières extrêmes, tandis que certains halophytes indiquent souvent une influence des eaux souterraines sur la salinité (Millar, 1976). Les espèces indiquant divers degrés de tolérance au sel sont énumérées au tableau 5–12.

Les espèces végétales tolérant une salinité modérée (de 2 à 15 mS/cm) regroupent *Scolochloa festucacea*, *Sium suave*, *Eleocharis palustris* (Walker et Coupland, 1970) et *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus* qui peuvent supporter des conductivités allant jusqu'à 26 mS/cm (Shay et Shay, 1983). *Phragmites* sp. survit à une plage de conductivités allant de 0.03 à 22.4 mS/cm (Shay

Tableau 5–10. Analyses de la qualité de l'eau* dans deux endroits morainiques mamelonnés de la Saskatchewan et du Manitoba (1973)

Endroit	*Paramètre*	*Conductivité (mS/cm)*	*Alcalinité totale (mg/kg)*	*Cations échangeables*	
				Ca (mg/L)	*SO_4 (mg/L)*
St. Denis, Saskatchewan	*Moyenne*	1.73	300**	108**	870**
	Minimum	0.26	111	28	4
	Maximum	11.40	741	268	8 270
	Grosseur de l'échantillon	33	33	33	33
Rapid City, Manitoba	*Moyenne*	2.21	275	111	1 128
	Minimum	0.67	173	44	170
	Maximum	5.80	514	312	4 000
	Grosseur de l'échantillon	39	39	39	39

**Les analyses de l'eau ont été réalisées par L'Institut des eaux douces, Pêches et Océans Canada, Winnipeg, Manitoba.*
***Les nombres ont été arrondis à l'unité la plus proche.*

Tableau 5–11. Comparaison régionale des paramètres de la qualité de l'eau* dans des terres humides du Manitoba (1968)

Paramètre	Conductivité (mS/cm)		Alcalinité totale (mg/kg)	
	Plaine de la Saskatchewan	Basses terres	Plaine de la Saskatchewan	Basses terres
Moyenne	0.95	3.14	694.18	369.96
Médiane	0.72	3.14	431.25	309.58
Minimum	0.17	0.28	170.00	40.00
Maximum	2.9	4.95	7 700.00	649.00
Grosseur de l'échantillon	40	110	79	181

**Les analyses de l'eau ont été réalisées par l'Institut des eaux douces, Pêches et Océans Canada, Winnipeg, Manitoba.*

et Shay, 1985) et *Scirpus maritimus* peut tolérer des eaux de modérément salées à salées (Millar, 1976). *Ruppia maritima*, une espèce submergée, est un indicateur de conditions hypersalées (Millar, 1976; Stewart et Kantrud, 1972).

Dans les marais d'eau salée, une végétation équivalente s'implante généralement dans des eaux moins profondes que dans les marais d'eau douce. Ainsi, les marais peu profonds d'eau salée contiennent rarement de l'eau au milieu de l'été, de sorte que des espèces comme *Salicornia europaea* ssp. *rubra* et *Distichlis stricta* poussent dans un sol humide. Lorsque la surface d'une nappe souterraine libre s'abaisse sous la surface du sol dans les régions hypersalées, seules *Salicornia* sp. et *Suaeda maritima* persistent (Looman, 1981). Selon Stewart et Kantrud (1972), il existe généralement une relation inversement proportionnelle entre l'accroissement de la salinité et la profondeur moyenne de l'eau. Dans les marais d'eau salée, les espèces végétales forment un continuum (un milieu de transition où les espèces co-habitent) selon les gradients de salinité et le régime hygrique, souvent

Tableau 5–12. Espèces végétales caractéristiques* classées selon la sous-forme de terre humide et les degrés décroissants de salinité**

Catégorie de salinité	Sous-forme de terre humide			
	Prairie humide	Marais à végétation émergée	Eau libre en permanence	Vasière exposée
Hypersalin	—	*Salicornia europaea* ssp. *rubra* *Suaeda maritima*	*Navicula* sp. *Dunaliella* sp. *Rhizoclonium* sp. *Nitschia* sp. *Ruppia maritima*	—
Salin	*Distichlis stricta* *Triglochin maritima* *Spartina gracilis*	*Scirpus maritimus* *Puccinellia nuttalliana* *Scirpus americanus*	*Stephanodiscus* sp. *Chaetoceros* sp. *Pediastrum* sp. *Cladophora* sp. *Ruppia maritima*	—
Moyennement salin	*Spartina pectinata* *Glaux maritima* *Hordeum jubatum* *Juncus balticus* *Calamagrostis inexpansa*	*Eleocharis palustris* *Scolochloa festucacea* *Scirpus lacustris* ssp. *glaucus* *Phragmites australis*	*Fragilaria* sp. *Chaetoceros* sp. *Anabaena* sp. *Microcystis* sp. *Oscillatoria* sp. *Potamogeton pectinatus* *Zannichellia palustris* *Chara* sp. *Lemna trisulca*	*Chenopodium rubrum* *Chenopodium glaucum* var. *salinum* *Rumex maritimus* *Hordeum jubatum* *Spergularia marina*
Eau douce	*Poa palustris* *Calamagrostis canadensis* *Carex praegracilis* *Boltonia asteroides* *Sonchus arvensis* *Mentha arvensis*	*Typha latifolia* *Scirpus lacustris* ssp. *validus* *Carex atherodes* *Carex aquatilis* *Alisma plantago-aquatica* *Sparganium eurycarpum* *Sium suave* *Polygonum coccineum*	*Ceratophyllum demersum* *Myriophyllum spicatum* *Potamogeton perfoliatus* spp. *richardsonii* *Potamogeton gramineus* *Potamogeton pusillus* *Utricularia vulgaris* *Drepanocladus* sp.	*Senecio congestus* *Eleocharis acicularis*

**Les espèces ont été tirées de diverses études : Looman (1981, 1982), Hammer* et al. *(1983), Millar (1976), et Stewart et Kantrud (1972). Les espèces données sont les plantes dominantes des communautés.*

***Bien que classées dans une catégorie de salinité, certaines espèces tolèrent une grande plage de taux de salinités.*

dans une même terre humide. Dodd et Coupland (1966) ont recueilli des données sur une succession de communautés végétales halophiles occupant des habitats allant d'un sol humide à une haute terre sèche. Les espèces dominantes vont de *Salicornia europaea* ssp. *rubra* et *Triglochin maritima* dans les milieux hydriques à *Hordeum jubatum* et *Agropyron repens* dans les milieux xériques.

Lacs salés

Comme nous l'avons indiqué précédemment dans ce chapitre, les lacs salés peu profonds inondés périodiquement (dont la conductivité spécifique dépasse 15 mS/cm) sont des sous-formes de terres humides importantes qui, au Canada, se trouvent presque uniquement dans la région de terres humides de la Prairie continentale et de la Prairie d'intermontagnes. Les lacs salés, situés dans des bassins terminaux ou dans des aires d'émergence d'eaux souterraines régionales dans des moraines mamelonnées (Meyboom, 1967b), comportent généralement une partie alcaline intermittente centrale qui prend tantôt la forme d'un plan d'eau libre tantôt d'une vasière salée. Ce sont des bassins d'évaporation où les sels sont concentrés, car de 45 à 100 cm d'eau peuvent s'y évaporer chaque année (Meyboom, 1967b). Par conséquent, les lacs salés contiennent d'habitude moins de 1 m d'eau dormante, s'asséchant souvent au milieu de l'été.

Last et Schweyen (1983) examinent les sédiments et les processus hydrochimiques dans les lacs salés peu profonds. Les fonds de lac qui s'assèchent, appelés vasières ou sebkhas, se composent de minéraux argileux mêlés à des sels efflorescents solubles (Na, Ca, Mg, SO_4, CO_3) en alternance avec des couches de sels cristallins s'accumulant jusqu'à des profondeurs de 12 cm. Des solutions hypersalées supersaturées peuvent se former dans seulement 10 cm d'eau, se transformant en cristaux de sels à la faveur de variations diurnes de température. Les sources salées peuvent déposer des travertins ou des couches de minéraux carbonatés. Des phénomènes comme le vent, l'inondation, le gel–dégel et la dessiccation modifient la concentration et l'épaisseur des dépôts de sel. La dilution et la dissolution peuvent re-dissoudre les lits de sel et créer des dépressions de dissolution dans le fond du lac. La concentration des sels en solution sert à abaisser le point de congélation et à accélérer le dégel (Hammer et Haynes, 1978). Par conséquent, les lacs salés ont tendance à rester libres de glace pendant plus longtemps que les lacs d'eau douce d'un même endroit.

Le volume et la salinité des eaux des lacs salés subissent d'importantes variations saisonnières (Lieffers et Shay, 1983). Les augmentations à long terme des taux de salinité ont tendance à varier de façon inversement proportionnelle à la profondeur de l'eau; des augmentations de 80 % ont été observées dans le lac Big Quill en Saskatchewan (Hammer, 1978). Lieffers et Shay (1983) ont recueilli des données sur des augmentations saisonnières de salinité de 3 à 22 mS/cm dans le lac Porter en Saskatchewan, laquelle était causée par une diminution de 17 % de la superficie inondée. Ils ont observé un gradient des conductivités des sédiments qui diminuait avec la profondeur et vers les bords du lac. Dans des lacs hypersalés, seuls les bords extérieurs ont des taux de salinité situés dans la gamme de tolérance permettant à *Scirpus maritimus* de germer (Lieffers et Shay, 1983). Dans des lacs hypersalés comme le lac Muskiki en Saskatchewan, les mesures maximales de salinité ont atteint jusqu'à 370 000 mg/kg (matières solides dissoutes totales) (Hammer, 1978).

Perturbations et communautés végétales des terres humides

Les perturbations des terres sont des facteurs importants concourant à la modification de la succession végétale dans les terres humides des Prairies. L'exploitation agricole des Prairies et les perturbations qu'elle a causées ont entraîné la fragmentation des communautés végétales des terres humides et, probablement, l'isolement génétique de populations spécifiques puisqu'elle a limité le transport des espèces ou de leur matériel génétique (Dix et Smeins, 1967). L'isolement causé par l'élimination de nombreuses terres humides, comme cela s'est produit au Minnesota et dans les deux Dakotas (Burwell et Sugden, 1964), limite la dispersion par le vent des graines des plantes émergentes des marais profonds comme *Phragmites australis* (Shay et Shay, 1983), notamment s'il n'existe plus de sites appropriés de germination.

Deux types principaux de perturbations affectent les terres humides : (1) les perturbations de leur périphérie et (2) la culture ou le drainage de l'ensemble d'une terre humide (Walker et Coupland, 1968). Les perturbations marginales comprennent les pâturages, le déboisement, le brûlage ou la culture qui entraînent le remplacement de la végétation prairiale ou ligneuse naturelle par des espèces comme *Hordeum jubatum, Rumex maritimus, Sonchus arvensis, Cirsium arvense*, et *Polygonum coccineum*. La mise en culture de l'ensemble d'une terre humide entraîne l'élimination complète des laîches (*Carex* spp.) qui sont remplacées par des espèces pionnières comme *Juncus bufonius, Eleocharis acicularis, Hordeum jubatum, Beckmannia syzigachne, Alisma plantago-aquatica* et *Typha latifolia* (Walker et Coupland, 1968). Les espèces comme *Scolochloa festucacea, Alopecurus aequalis, Mentha arvensis, Poa palustris* et *Polygonum coccineum* feront souvent leur apparition pendant la deuxième année de la succession, à la suite de la mise en culture (Millar, 1973; Walker et Coupland, 1970).

Dans les Prairies, l'élimination des marais peu profonds saisonniers et des plans d'eau libre intermittents par le drainage et leur remembrement en terres humides permanentes plus grandes à plans d'eau peu profonde altèrent la diversité des écosystèmes de terres humides. Cette transformation entraîne à son tour une réduction des aires d'alimentation peu profondes et des réserves aquatiques disponibles à la

sauvagine, provoquant des changements quant à la composition des espèces et l'abondance des invertébrés aquatiques (Swanson et Meyer, 1977). Les facteurs qui influent sur l'abondance et la biomasse des invertébrés sont liés au cycle des éléments nutritifs découlant de la décomposition des débris organiques et des détritus (Kaminski et Prince, 1981), à la présence d'algues servant de nourriture et aux microhabitats fournis par les hydrophytes submergés (Nelson et Kadlec, 1984). Dans les terres humides saisonnières, l'abaissement de la nappe phréatique suivi d'une ré-inondation de la végétation qui s'y était implantée entraîne une augmentation rapide des populations d'invertébrés. Selon Krull (1970), les invertébrés sont intimement liés aux plantes aquatiques, étant plus abondants dans les parties des étangs qui comportent de la végétation.

Les méthodes d'utilisation des terres qui modifient ou détruisent les plantes submergées ou émergentes peuvent également influer sur les populations d'invertébrés. Kaminski et Prince (1981) ont observé que les populations d'invertébrés étaient fortement réduites dans les parcelles labourées et ré-inondées comparativement à celles des endroits fauchés et réinondés. La contamination des terres humides par les herbicides et les insecticides utilisés couramment en agriculture peut avoir des effets toxiques directs ou indirects sur les invertébrés et les plantes aquatiques, affectant donc indirectement le taux de survie des espèces fauniques des terres humides (Grue *et al.*, 1986).

Les perturbations causées par le pâturage et le fauchage modifient la composition floristique des terres humides. Dans les pâturages, des espèces agréables au goût comme les laîches (*Carex atherodes*) diminuent (Millar, 1973), tandis que des espèces tolérantes comme *Eleocharis palustris* (Millar, 1973), *Glyceria grandis*, *Hordeum jubatum*, *Beckmannia* sp. et *Poa palustris* (Walker et Coupland, 1968; Dix et Smeins, 1967), *Scirpus americanus* et *Sparganium eurycarpum* (Stewart et Kantrud, 1972) augmentent. Les espèces qui prolifèrent après un fauchage sont notamment *Scolochloa festucacea*, *Poa palustris* et *Carex atherodes* (Walker et Coupland, 1968, 1970; Stewart et Kantrud, 1972). Ces espèces ont généralement des bourgeons pérennants protégés qui restent viables dans des conditions défavorables.

Le brûlage de marais affectent la germination des plantes et leur croissance car ils éliminent la végétation et les débris organiques, mettent à nu la surface des sols, libèrent les éléments nutritifs et élèvent la température du sol. Le feu crée des étendues d'eau libre dans des marais à couverture émergente dense car il brûle les sols organiques (Ward, 1968). Des éléments nutritifs comme K, P et Ca se dégagent de la végétation brûlée et sont recyclés dans les eaux et dans les sols (Sanderson et Bellrose, 1969). Même si le feu détruit facilement les arbustes et les laîches (Yancey, 1964), seuls les brûlis importants en période sèche réussissent à éliminer la plupart des espèces émergentes. Les régions dénudées offrent des zones propices à la germination d'espèces pionnières.

Valeurs des terres humides des Prairies

Les terres humides vierges des Prairies se prêtent à de nombreuses utilisations et fonctions concernant l'hydrologie, l'assimilation des déchets, la diversité et la productivité des écosystèmes et de la faune. La société ne tient généralement pas compte de ces valeurs elle considère les terres humides comme précieuses que si elles sont éliminées ou transformées pour servir à d'autres fins, comme l'agriculture. Bien que le chapitre 10 examine plus en profondeur les utilisations et les valeurs des terres humides, les valeurs de celles des Prairies sont signalées ci-dessous.

Valeurs hydrologiques

Les terres humides ont, en règle générale, trois fonctions sur le plan hydrologique : (1) la stabilisation de l'écoulement, (2) la réalimentation et l'émergence des eaux souterraines et (3) le contrôle de l'érosion (Sather et Smith, 1984). Selon Novitzki (1978), la rétention de l'eau dans les bassins de terres humides et l'emmagasinement temporaire dans les terres humides en pente réduisent les pointes de crue. Ce phénomène est particulièrement vrai dans les terres humides fluviales ou de chenal reliées par des chenaux de surface. Le degré de contrôle des eaux de crue par les terres humides est fonction de l'étendue des terres humides, de leur emplacement dans le bassin versant, de la texture du substrat et des formes biologiques végétales y vivant (Sather et Smith, 1984). Le débit relatif de crue est corrélé au pourcentage de la superficie du bassin qui se compose de terres humides et de lacs; un ruissellement plus abondant et une réalimentation moindre des eaux souterraines se produisent dans les bassins où les terres humides et les lacs occupent un plus fort pourcentage de la superficie (Novitzki, 1978). Sather et Smith (1984) citent une étude effectuée au Wisconsin qui démontrait que les pointes de crue diminuaient de 60 à 80 % dans les bassins versants occupés à 30 % par des terres humides ou des lacs.

Le rôle des terres humides dans l'alimentation des eaux souterraines a été remis en question (Sather et Smith, 1984); cependant, les bassins temporaires de la prairie alimentent réellement des écoulements souterrains régionaux dans certains cas (Meyboom, 1966). L'importance de cet apport est probablement fonction de la distribution, de la densité et de la taille des bassins d'alimentation et de la perméabilité du sol. Les taux relatifs d'alimentation augmentent à mesure que le ruissellement printanier diminue (Novitzki, 1978). La pérennité de l'eau, le substrat, les points d'émergence en surface, la longueur des bords, les types de végétation et la couverture végétale sont des caractéristiques des terres humides qui se rapportent d'habitude aux fonctions d'alimentation des eaux souterraines (Sather et Smith, 1984).

Sather et Smith (1984) examinent également les processus grâce auxquels la végétation des terres humides peuvent contrôler l'érosion des rivages par (1) la stabilisation des substrats, (2) la dissipation de l'énergie des vagues et des courants et (3) l'emprisonnement des sédiments. Les facteurs qui modifient le contrôle de l'érosion dépendent du type de végétation ripicole, du port des espèces et de la largeur des groupements végétaux, de leur tolérance aux inondations et de la résistance au sapement. Le contrôle de l'érosion est de la plus grande importance dans les marais fluviaux, dans les marais de rivage et dans les grands plans d'eau peu profonde. La végétation la plus appropriée à la lutte contre l'érosion comprend notamment les hautes plantes pérennes robustes à rhizomes étendus qui fixent solidement les matériaux constituant les rivages.

Assimilation des déchets

Les terres humides améliorent la qualité de l'eau car elles servent de filtres pour éliminer les polluants et les sédiments des eaux courantes. Sather et Smith (1984) décrivent les processus en cause : (1) réduction de la vitesse de l'eau, (2) décomposition des matières organiques, (3) transformations métaboliques par les plantes et les animaux, (4) photosynthèse et (5) sédimentation des particules. Les terres humides se prêtent au traitement des eaux usées pour les raisons suivantes : leurs taux de productivité primaire et leur potentiel d'assimilation sont élevés, les polluants sont adsorbés par les sédiments minéraux et organiques, les conditions anaérobies du substrat permettent la dénitrification et la conversion des métaux solubles en des formes insolubles, et les populations de décomposeurs réduisent les substances complexes. Odum (1978) considère les terres humides comme des systèmes de traitement tertiaire à énergie solaire capables d'assimiler les eaux d'égout et les eaux usées industrielles traitées.

Les métaux lourds sont eliminés par échange ionique et adsorption par les sédiments et les composés organiques, par précipitation et par absorption par les plantes (Sather et Smith, 1984). Selon Kadlec et Kadlec (1979), des métaux lourds comme le nickel et le plomb sont absorbés par les plantes aquatiques et semi-aquatiques, bien que les sédiments en retiennent une certaine partie. Les éléments nutritifs et les métaux lourds peuvent être transportés par les matières solides en suspension.

Les produits chimiques toxiques comme les hydrocarbures peuvent être dissous par l'activité microbienne ou absorbés par les plantes aquatiques dans les marais peu profonds (Kadlec et Kadlec, 1979). D'autres sont immobilisés dans les sédiments, transformés en une forme inoffensive ou incorporés à la phytomasse dans la chaîne alimentaire (Sather et Smith, 1984). Nous ne connaissons pas l'évolution finale ou la destination de ces produits chimiques toxiques.

Selon Kadlec et Kadlec (1979) les terres humides peuvent améliorer la qualité des eaux usées ayant subi un traitement secondaire et reçu des additifs. Au départ, les concentrations élevées de P sont éliminées par l'adsorption directe dans les sédiments organiques du fond et N est éliminé grâce au processus de nitrification-dénitrification du métabolisme bactérien (Sather et Smith, 1984). La capacité des terres humides à améliorer la qualité des eaux usées dépend du potentiel, de la charge affluente, de l'ydrologie et de la profondeur des eaux, du taux de chasse et du niveau courant de contamination (Kadlec et Kadlec, 1979). Le Saskatchewan Research Council a étudié l'utilisation éventuelle des étangs des Prairies comme pièges à éléments nutritifs pour améliorer la qualité des eaux usées qui ruisellent des parcs d'engraissement, des exploitations agricoles et des petites collectivités (Lakshman, 1982).

Productivité des écosystèmes

Les terres humides jouent un rôle important car elles supportent les chaînes alimentaires, recyclant les éléments nutritifs et utilisant l'énergie photosynthétique afin de produire une phytomasse pour les organismes hétérotrophes (Sather et Smith, 1984). On suppose généralement que la disponibilité des éléments nutritifs est associée à la productivité primaire nette. Donc, les estimations de la production primaire des espèces végétales dominantes des terres humides servent d'indices pour déterminer la productivité des écosystèmes de terres humides. Sather et Smith (1984) mentionnent des facteurs qui affectent la variabilité des estimations de la production primaire nette. Ils sont la méthodologie, la présence d'éléments nutritifs critiques, la qualité de l'eau, les conditions pédologiques, le régime hydrologique, les teneurs en oxygène et le climat. Richardson (1978) soutient que la production primaire nette peut être surestimée si l'on néglige de rectifier les pertes de phytomasse par consommation (herbivores) et par mortalité (des feuilles) et le pourcentage de cendres des tissus végétaux. Par conséquent, les estimations de la phytomasse de surface en période de végétation maximale ne sont que des approximations de la productivité d'une terre humide pendant un intervalle donné.

Le tableau 5–13 compare les estimations de la phytomasse des espèces et des communautés émergentes du centre-ouest de l'Amérique du Nord en fonction des formes de terres humides. Le système de marais de ruisseaux est probablement le plus productif en raison de l'échange plus continu d'éléments nutritifs. Aucun des exemples présentés ici n'a une importance régionale clairement définie. Les peuplements de *Typha latifolia* des marais du Manitoba semblent être plus productifs ou aussi productifs que les communautés de *Typha* de l'Iowa et du Wisconsin. La phytomasse de *Scirpus* spp. varie, mais elle est généralement supérieure dans les marais du sud. Les faibles valeurs des espèces émergentes dans l'eau des bras

morts reflètent probablement un lavage moins fréquent et une réalimentation limitée en éléments nutritifs. On peut grandement accroître les rendements des espèces indigènes en transformant des terres humides peu profondes, par des modifications du niveau de l'eau et par la fertilisation, en fourragères donnant jusqu'à 4.5 tonnes/ha (British Columbia Ministry of Agriculture and Food, 1981). Il faudra quantifier la phytomasse de différentes formes de terres humides dans des conditions environnementales variées.

Habitats fauniques

Les terres humides des Prairies, leurs étangs et leur végétation associée, fournissent des habitats et de la nourriture appropriés à une multitude d'espèces fauniques. Les espèces terrestres et aquatiques utilisent toutes deux les terres humides pour satisfaire divers besoins ou à certains stades de leur cycle biologique saisonnier. Sather et Smith (1984) énumèrent plusieurs facteurs qui déterminent la valeur des terres humides comme habitat : la structure et la diversité de la végétation, l'utilisation des terres environnantes, la répartition des terres humides, les zones verticales et horizontales, leur taille et la chimie de l'eau. Selon Weller (1978), l'adaptation des espèces fauniques passe par l'occupation de niches écologiques, spécialisées en fonction de la diversité structurelle des terres humides, comme le montrent les variations de composition et de hauteur des communautés végétales. Les espèces ont recours à des modes d'alimentation spécifiques et occupent des zones écologiques ou spatiales particulières dans les terres humides afin de réduire la compétition interspécifique. Les diverses caractéristiques d'une terre humide offrent des stimulants environnementaux différents aux espèces et influent ainsi sur la sélection des habitats. Weller (1978) attribue une abondance accrue d'espèces d'oiseaux à l'apparition d'un plus grand nombre de lisières végétation–eau, à l'apparition de brèches dans la végétation, à l'augmentation du nombre de strates de végétation et à l'apparition d'une zonation complexe. Même si les différentes zones de végétation d'une terre humide ont des utilisations différentes, la présence d'une cuvette centrale favorise l'utilisation de l'ensemble du marais (Weller et Fredrickson, 1973).

Les valeurs des marais des Prairies comme habitat pour diverses espèces fauniques (tableau 5–14) ont fait l'objet de nombreuses études (Sanderson et Bellrose, 1969; Harmon, 1970; Smith *et al.*, 1964; Munro, 1963; Weller, 1978). Les marais servent d'habitats de reproduction, d'étape et de mue à de nombreuses espèces de sauvagine, à des échassiers, à des oiseaux nichant en colonie et à des oiseaux de rivage. Les

Tableau 5–13. Estimation de la biomasse maximale au-dessus du sol pour des espèces ou des communautés végétales des terres humides des Prairies

Endroit	*Forme de terre humide*	*Espèce végétale*	*Production primaire nette ($g/m^2/ans$)*	*Source*
Eagle Lake, Iowa	Marais de kettle	*Typha glauca*	1 156*	Van Der Valk et Davis (1978)
		Scirpus fluviatilis	466	
		Scirpus lacustris ssp. *validus*	330	
		Scirpus lacustris ssp. *glaucus*	851	
		Carex atherodes	667	
		Sparganium eurycarpum	638	
Theresa Marsh, Wisconsin	Marais de ruisseau	Communauté de vasière	924	Klopatek et Stearns (1978)
		Communauté de *Typha*	1 852	
		Scirpus fluviatilis	984	
		Carex lacustris	940	
		Salix interior	664	
Alberta	Eau de délaissé	Végétation submergée arrivée à maturité	200	Van Der Valk et Bliss (1971)
		À feuilles flottantes	200	
		Plantes émergées	465	
		De prairie	327	
Manitoba	Marais de delta	*Phragmites australis*	1 812	Shay et Shay (1983)
	Marais de delta	*Typha latifolia*	1 754	
	Bassin terminal	*Scirpus lacustris* ssp. *glaucus*	365	
	Marais de delta	*Scirpus lacustris* ssp. *validus*	570	
Saskatchewan	Plan d'eau peu profonde — lac salin (sous-forme)	*Scirpus maritimus*	625	Shay et Shay (1983)

**Biomasse maximale moyenne.*

composantes des marais sont utilisées de diverses façons par des espèces allant d'oiseaux vraiment aquatiques, comme les canards et les grèbes, à des passereaux terrestres qui nichent le long des lisières ripicoles. Les oiseaux prédateurs comme les aigles sont à leur tour attirés par la variété d'espèces de proie. Bien que les marais supportent des chaînes alimentaires complexes, les oiseaux dépendent en fin de compte de la diversité et de l'abondance des invertébrés et des petits vertébrés pour s'alimenter.

L'exploitation faite par l'homme des populations de sauvagine, de poissons et de mammifères à fourrure des terres humides procure de véritables gains sur le plan économique. La sauvagine est une ressource importante, comme le montrent les prises récentes d'un million d'oiseaux dans les Prairies faites par plus de 70 000 chasseurs actifs (Metras, 1985). Les étangs des Prairies abritent peu d'espèces de poissons ayant une valeur commerciale, bien que les marais de ruisseaux servent de frayères au brochet (*Esox lucius*). Les dernières pratiques en pisciculture démontrent l'utilité des eaux peu profondes des Prairies pour la reproduction de la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) à des fins de production commerciale (Swanson, 1974). Les animaux à fourrure de très grande valeur qui fréquentent les marais des Prairies comprennent notamment le rat musqué (*Ondatra zibethicus*), le castor (*Castor canadensis*), le vison (*Mustela vison*), et le raton-laveur (*Procyon lotor*).

Les terres humides des Prairies offrent également des habitats essentiels à des espèces rares, menacées et en danger de disparition. Les grues blanches d'Amérique migratrices (*Grus americana*) ont toujours utilisé certains lacs et marais salés du centre de la Saskatchewan. Les rivages sablonneux des grands lacs salés sont également des habitats recherchés par le pluvier siffleur (*Charadrius melodus*) en période de reproduction et de migration (Renaud *et al.*, 1979) et autres espèces d'oiseaux de rivage. Le pélican blanc d'Amérique (*Pelecanus erythrorhynchos*), la sterne caspienne (*Sterna caspia*) et le cygne trompette (*Cygnus buccinator*) sont d'autres espèces rares et menacées qui utilisent les terres humides des Prairies.

Utilisation des terres

L'utilisation agricole des terres s'est intensifiée à un point tel qu'elle a provoqué de graves modifications des paysages et des terres humides dans la région de la Prairie continentale. Dans le sud de la Saskatchewan, 52 % des terres servent à la culture, 21 % sont des fourragères, 23 % sont des boisés et 1 % d'entre elles, des terres humides permanentes (Rump et Harper, 1980). L'ensemble des terres amendées occupe maintenant 71.5 % de la superficie totale cultivée. Dans les secteurs à grand potentiel agricole, on cultive jusqu'à 83 % des hautes terres du centre de la Saskatchewan (Sugden et Beyersbergen, 1984) et 77 à 82 % du sud-ouest du Manitoba (Adams et Gentle, 1978). Le déboisement poussé et la culture à grande échelle éliminent la végétation naturelle qui offre une couverture végétale essentielle à la faune.

L'agriculture a eu des incidences considérables sur les terres humides. Près de 1.2 million d'hectares de terres humides des Prairies sont passées à l'agriculture (Whitesell, 1970). Les terres humides sont supprimées par le drainage, le remplissage, la construction de routes et le labourage. Lynch-Stewart (1983) résume certains des effets de ces activités.

Il est difficile de quantifier les pertes directes de terres humides causées par le drainage ou le labourage. Une étude effectuée dans une région du sud-ouest du Manitoba a permis de déterminer que le drainage avait touché 16 % des terres humides de 1948 à 1964 (Kiel *et al.*, 1972). De 1964 à 1974, environ 11 % des bassins de la région de Minnedosa au Manitoba ont été partiellement drainés (Adams et Gentle, 1978). Rakowski et Chabot (1983) signalent une diminution de 56 % de la superficie des terres humides dans cette même localité de 1970 à 1983. Cowardin *et al.* (1981) ont compilé des données sur les activités de labourage touchant 40 % des terres humides échantillonnées dans le Dakota du Nord.

D'autres activités, comme le déboisement, le brûlage, la pulvérisation et le pâturage, ont généralement des incidences transitoires sur les terres humides, y influençant la succession végétale et y modifiant les régimes hydrologiques. Le déboisement de la périphérie d'une terre humide diminue sa taille et sa profondeur en limitant l'accumulation de neige et en favorisant le remplissage éventuel du bassin par l'accroissement de l'érosion fluviale et de l'envasement causés par le labourage de cette zone périphérique (Kiel *et al.*, 1972). Dans le centre de l'Alberta, les lisières on a déboisé 32 % de 398 terres humides (Merriam, 1978), et entre 1948 et 1964, 37 % des terres humides du sud-ouest du Manitoba (Kiel *et al.*, 1972). Près de Rapid City au Manitoba, les brûlages qui concernaient 6 % de 363 terres humides en 1976 concernaient 22 % de 382 terres humides en 1977, une année de sécheresse (tableau 5–15). En 1977 on a démontré les différences des incidences des pratiques de pâturage et de brûlage dans des moraines mamelonnées et de fond à Rapid City et à Hamiota au Manitoba (tableau 5–15). Donc, les conditions de sécheresse et la topographie influencent à la fois le type d'utilisation temporaire des terres et les incidences de cette utilisation sur les terres humides.

Les terres humides sont modifiées ou éliminées pour créer d'autres terres de culture par souci d'efficacité ou pour étendre les cultures fourragères ou les pâturages. Les bassins de terres humides servent souvent à la production de fourrages car les espèces fourragères y croissent bien, jouissent d'un régime hygrique favorable et tolèrent bien le sel (Lodge, 1969). Dans la région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes, les terres humides naturelles servent de pâturage et à la production de fourrages divers pour l'industrie de l'élevage (British Columbia Ministry of Agriculture and Food, 1981). Les terres humides de cette région sont également modifiées par l'aménagement des eaux, le déboisement, le la-

Tableau 5–14. Animaux vertébrés et invertébrés caractéristiques des terres humides des Prairies

Sous-forme de terre humide	*Zone de végétation*	*Ordre*	*Espèces**
Marais peu profond	Eau libre	Crustacés	*Chirocephalus bundyi* *Lepidurus* spp. *Branchipus* spp. *Limnetis* spp. *Estheria* sp. *Lynceus branchyurus*
		Insectes	*Lestes dryasand* *Mochlonyx* sp.
		Mollusques	*Planorbis umbiliatellus* *Planorbis campestris*
		Amphibiens	*Rana pipiens*
	Portion émergée	Oiseaux	*Capella gallinago* *Anas* spp. *Cistothorus platensis*
Marais profond/ plan d'eau peu profonde	Eau libre	Crustacés	*Hyallela azteca* *Gammarus lacustris*
		Insectes	*Glyptotendipes barbipes* *Phryganea cinerea* *Chironomus tentans* *Notonecta* sp. *Sympetrum corruptum* *Aeschna* spp. *Aedes vexans* *Culex tarsalis*
		Mollusques	*Lymnaea stagnalis* *Planorbis trivolis* *Physa gyrina*
		Poissons	*Culaea inconstans*
		Amphibiens	*Rana pipiens* *Ambystoma tigrinum* *Bufo hemiophrys*
		Mammifères	*Ondatra zibethicus* *Mustela vison* *Castor canadensis*
	Portion émergée/ eau libre	Oiseaux	*Podiceps auritus* *Podilymbus podiceps* *Aythya* spp. *Fulica americana* *Chlidonias niger* *Anas* spp. *Xanthocephalus xanthocephalus* *Telmatodytes palustris*
Marais profond/ marais peu profond/ prairie humide	Portion émergée/ prairie	Mammifères	*Procyon lotor* *Odocoileus virginianus* *Microtus pennsylvanicus*
		Oiseaux	*Agelaius phoeniceus* *Botaurus lentiginosus* *Porzana carolina* *Circus cyaneus* *Asio flammeus*
	Bordure arbustive supérieure	Oiseaux	*Geothlypis trichas* *Melospiza melodia*
	Zone d'abaissement/ bord de l'eau		*Actitis macularia* *Catoptrophorus semipalmatus*
	Rivage salin		*Recurvirostra americana* *Charadrius melodus*

**Les vertébrés ont été tirés de Weller (1978); les invertébrés de Driver et Peden (1977) et Bird (1961).*

Tableau 5–15. Fréquence des bordures de terres humides modifiées par des utilisations des terres dans quatre endroits étudiés du Manitoba et de la Saskatchewan (avril–mai 1976 ou 1977)

Endroit	Année	Terres humides modifiées (%) par des utilisations du sol								Nombre total de terres humides étudiées
		Terres incultes	Pacage	Brûlis	Culture	Fourrage	Drainage	Remplissage	Déboisement	
Manitoba										
Rapid City	1976	63.6	24.2	5.8	0.6	1.4	3.6	—	0.8	363
	1977	48.7	25.1	21.7	1.3	1.8	—	0.8	0.5	382
Hamiota	1976	74.7	7.5	8.3	1.5	—	0.4	1.1	3.4	265
	1977	52.3	15.1	28.3	3.6	0.7	—	—	—	279
Saskatchewan										
St. Denis	1976	50.7	44.7	0.9	0.5	3.2	—	—	—	217
Carmel–Peterson	1976	60.9	23.6	6.4	3.6	5.0	0.5	—	—	220

bourage, l'introduction d'espèces et la fertilisation destinée à accroître les rendements des cultures fourragères. La mise en culture d'un bassin drainé ou asséché peut détruire la couche organique étanche du fond et entraîner une augmentation des pertes par suintement lors d'une ré-inondation de la terre humide (Millar, 1969). Le pacage excessif, les incendies et le piétinement entraînent une augmentation de l'érosion et la destruction de la végétation en surface. L'intensification de la culture dans les Prairies est un précurseur à la dégradation accrue des terres par l'érosion éolienne et hydrique, à l'épuisement de la matière organique et à un accroissement de la salinité du sol (Coote, 1983).

Conservation des terres humides des Prairies

Les pertes et la dégradation courantes des Prairies mettent en évidence la nécessité d'effectuer un inventaire complet des terres humides pour déterminer leur répartition et l'ampleur des tendances d'utilisation, dont l'identification permettra d'orienter les efforts de préservation et de remise en valeur et servira à identifier les terres humides ayant une importance critique pour la sauvagine. Canards Illimités (Canada) prévoient effectuer, d'ici 1990, un inventaire complet des milieux de production primaire de sauvagine dans les terres humides y compris dans la région de terres humides de la Prairie continentale (Koeln *et al.*, 1986). À l'aide de données du LANDSAT provenant du système de cartographie thématique, Canards Illimités dressera des cartes des terres humides de plus de 0.4 ha, dans la région, les classifiera et compilera des statistiques sur celles-ci. Ces données, stockées dans des fichiers informatiques permettant d'effectuer une recherche documentaire rapide, constitueront l'inventaire le plus complet jamais effectué.

Le Canada, étant partie contractante à la Convention sur les terres humides d'importance internationale dite Convention de Ramsar, a consenti à promouvoir la conservation des terres humides d'une importance critique. Le but de cette Convention, parrainée par l'Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources, est de faire converger les efforts vers la conservation des habitats et des écosystèmes des biotopes majeurs, en portant une attention particulière aux terres humides. Les terres humides désignées dans le cadre de la Convention de Ramsar doivent être des exemples remarquables et représentatifs d'une région, receler des communautés très productives, servir à des fins d'éducation et de recherches scientifiques ou comme habitat faunique critique. Dans la région de terres humides de la Prairie continentale, cinq sites ont été désignés en 1982 et 1987 en vertu de la Convention de Ramsar : les marais Delta et le marais Oak-Hammock au Manitoba, le lac Last Mountain et le lac Quill en Saskatchewan et le lac Beaverhill en Alberta.

La région de terres humides de la Prairie d'intermontagnes est également considérée comme une région d'importance nationale et internationale pour la faune. Elle abrite notamment la plus forte densité d'espèces de sauvagine nichant en cavités au monde et le noyau de la population mondiale de garrot de Barrow (*Bucephala islandica*) (R. McKelvey, correspondance personnelle). Le Service canadien de la faune considère cette région d'une importance critique.

Dans la région de terres humides de la Prairie continentale, des refuges fauniques, des aires fauniques nationales et des parcs nationaux et provinciaux protègent des millions d'hectares de terres humides. Canards Illimités a également réussi, grâce à des ententes locatives et à des accords, à protéger près de

1.4 million de ha de terres humides, la plupart dans l'Ouest du Canada, à des fins de production de la sauvagine. Les terres humides ayant une grande valeur pour la sauvagine et sur le plan écologique ou social sont actuellement désignées et protégées grâce à des ententes sur les marais du patrimoine entre Canards Illimités, les ministères provinciaux de la Faune et les fédérations provinciales de la faune. Les marais de Range Slough, du lac Foam, du lac Ponass et de Chaplin en Saskatchewan et ceux de Saskeram, Summerberry, du lac Proven, du lac Grants et d'Oak-Hammock au Manitoba sont parmi les terres humides désignées.

Habitat faunique Canada, un organisme créé en 1984, et voué à la conservation se consacre à la préservation et à l'intendance des habitats fauniques du Canada. Cet organisme finance divers projets de recherches et de préservation des habitats grâce aux fonds recueillis par les ventes du premier timbre de la conservation du Canada et de lithographies. La fondation, en collaboration avec des gouvernements et associations non gouvernementales, finance l'achat de plusieurs terres humides critiques des Prairies comme celles du lac Horseshoe en Saskatchewan. Elle parraine également des projets pilotes, dont celui de Redvers Prairie Pothole, destiné à élaborer des mesures incitant les propriétaires fonciers à préserver les terres humides et à modifier leurs méthodes d'utilisation des terres qui nuisent à la sauvagine (Habitat faunique Canada, 1986).

Le Plan nord-américain de gestion des oiseaux aquatiques, signé en 1986 par les gouvernements du Canada et des États-Unis, indique les principes de coordination des activités de gestion et des autorités compétentes afin d'assurer la conservation et la gestion d'habitats de qualité diversifiés et adéquatement répartis pour la sauvagine dans le but de garantir le maintien de leurs populations (Environnement Canada et United States Department of the Interior, 1986). Le Plan espère engendrer un milliard de dollars sur une période de 15 ans afin de protéger et d'améliorer 1.45 millions d'hectares de terres humides de plus au Canada, principalement dans la région de terres humides de la Prairie continentale. Les objectifs concernant le maintien, la remise en état et la revalorisation de l'habitat du canard sont fonction de la superficie de l'habitat de 1970 à 1979. L'achat de terres, la modification des méthodes d'utilisation des terres grâce à des stimulants financiers, la promotion de la conservation du sol et de l'eau et la gestion des utilisations multiples des terres publiques sont diverses méthodes de conservation des habitats des terres humides et des hautes terres.

Remerciements

R. Hebda, H. Hirvonen, E. Oswald, J. Pojar, C. Rubec, C. Tarnocai, G. Trottier et S. Zoltai ont revu d'un oeil critique ce manuscrit. R. Zdan et G. Gentle ont fourni bon nombre des photographies illustrant cet ouvrage. G. Gentle, W. Goerzen et R. Zdan ont prêté leur concours à la collecte et à la compilation des données sur les terres humides des régions à l'étude. L. Tomkewich a assuré les services de traitement de texte et L. Jensen et G. Duff ont dressé les cartes.

Bibliographie

ACTON, D.F., J.S. CLAYTON, J.G. ELLIS, E.A. CHRISTIANSEN, ET W.O. KUPSCH. 1960. Physiographic divisions of Saskatchewan. Carte. Département de pédologie et de géologie, Université de Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan.

ADAMS, G.D., ET G.C. GENTLE. 1978. Spatial changes in waterfowl habitat, 1964–1974, on two land types in the Manitoba Newdale Plain. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Publication hors-série nº 38. Saskatoon, Saskatchewan. 29 p.

ADAMS, G.D., ET R.C. HUTCHISON. 1976. Possibilités des terres pour la faune–sauvagine. Carte de l'Inventaire des terres du Canada nº 62K. Colline Riding. Carte au 1:250 000. Expansion régional et économique Canada. Ottawa, Ontario.

ADOMAITIS, V.A., G.A. SWANSON, ET J.A. SHOESMITH. 1983. Chemical characteristics of waters in northern prairie wetlands. North Dakota Academy of Science Proceedings 37:61.

BIRD, R.D. 1961. Ecology of the aspen parkland of western Canada in relation to land use. Ministère de l'Agriculture du Canada. Publication nº 1066. Ottawa, Ontario. 155 p.

BRITISH COLUMBIA MINISTRY OF AGRICULTURE AND FOOD. 1981. Management and improvement of organic wetlands in the interior of British Columbia. Central Interior Forage Extension Committee. Victoria, Colombie-Britannique. 12 p.

BURWELL, R.W., ET L.G. SUGDEN. 1964. Potholes—going, going. *Dans* Waterfowl tomorrow. J.P. Linduska, directeur de publication. Bureau of Sport Fishing and Wildlife, United States Department of the Interior. p. 369–380.

CHAPMAN, L.J., ET D.M. BROWN. 1966. Les climats du Canada et l'agriculture. Ministère des forêts et du développement rural, Rapport de l'Inventaire des terres du Canada nº 3. Ottawa, Ontario. 24 p.

COOTE, D.R. 1983. Dégradation des terres par suite d'une utilisation agricole intensive. Les terres du Canada : Stress et impacts. W. Simpson-Lewis, R. McKechnie et V. Neimanis, directeurs de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. p. 245–278.

COUPLAND, R.T. 1961. A reconsideration of grassland classification in the northern great plains of North America. Journal of Ecology 49:135–167.

COWARDIN, L.M., D.S. GILMER, ET L.M. MECHLIN. 1981. Characteristics of central North Dakota wetlands determined from sample aerial photographs and ground study. Wildlife Society Bulletin 9(4):280–288.

COWARDIN, L.M., V. CARTER, F.C. GOLET, ET E.T. LAROE. 1979. Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States. Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior. Rapport nº FWS/OBS-79/31. 103 p.

DAVIS, C.B., ET A.G. VAN DER VALK. 1978. Litter decomposition in prairie glacial marshes. *Dans* Freshwater wetlands—ecological processes and management potential. R.E. Good, D.F. Whigham, and R.L. Simpson, directeurs de publication. Academic Press. New York, New York. p. 99–113.

DIX, R.L., ET F.E. SMEINS. 1967. The prairie, meadow and marsh vegetation of Nelson County, North Dakota. Journal canadien de botanique 45:21– 58.

DODD, J.D., ET R.T. COUPLAND. 1966. Vegetation of saline areas in Saskatchewan. Ecology 47(6):958–968.

DRIVER, E.A., ET D.G. PEDEN. 1977. The chemistry of surface water in prairie ponds. Hydrobiologia 53(1):33–48.

EDMUNDS, F.H. 1962. Recession of the Wisconsinian glacier from central Saskatchewan. Petroleum and Natural Gas Branch, Geology Division, Department of Mineral Resources. Rapport nº 67. Régina, Saskatchewan. 23 p.

EHRLICH, W.A., L.E. PRATT, ET E.A. POYSER. 1956. Reconnaissance soil survey of Rossburn and Virden map sheet areas. Manitoba Soil Survey nº 6. Winnipeg, Manitoba. 121 p.

EISENLOHR, W.S. 1972. Hydrologic investigations of prairie potholes in North Dakota, 1959–1968. *Dans* Hydrology of prairie potholes in North Dakota. United States Geological Survey. Professional Paper 585-A. 102 p.

EISENLOHR, W.S., JR., ET C.E. SLOAN. 1968. Generalized hydrology of prairie potholes on the Coteau du Missouri, North Dakota. United States Geological Survey Circular nº 558. 12 p.

ELSON, J.A. 1967. Geology of Glacial Lake Agassiz. *Dans* Life, land and water. Proceedings, 1966 Conference on Environmental Studies of the Glacial Lake Agassiz Region. W.J. Mayer-Oakes, directeur de publication. University of Manitoba Press. Winnipeg, Manitoba. pp. 37–95.

ENVIRONNEMENT CANADA, ET THE UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. 1986. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine : Stratégie de collaboration. Service canadien de la faune et United States Fish and Wildlife Service. Ottawa, Ontario, et Washington, DC. 19 p.

GOLLOP, J.B. 1963. Wetland inventories in western Canada. Transactions, 6e congrès, Union internationale des biologistes du gibier. Bournemouth, Angleterre p. 249–264.

GOSSELINK, J.B., ET R.E. TURNER. 1978. The role of hydrology in freshwater wetland ecosystems. *Dans* Freshwater wetlands—ecological processes and management potential. R.E. Good, D.F. Whigham, et R.L. Simpson, directeurs de publication. Academic Press. New York, New York. p. 63–78.

GRANGER, R.J., D.M. MALE, ET D.M. GRAY. 1978. Prairie snow melt. Compte rendu, Saskatchewan Symposium on Hydrology. Université de Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan. 10 p.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. Les régions à terres humides du Canada. *Dans* Canada : les terres humides. Dossier cartographique. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

GRUE, C.E., L.R. DE WEESE, P. MINEAU, G.A. SWANSON, J.R. FOSTER, P.M. ARNOLD, J.N. HUCKINS, P.J. SHEEHAN, W.K. MARSHALL, ET A.P. LUDDEN. 1986. Potential impacts of agricultural chemicals on waterfowl and other wildlife inhabiting prairie wetlands: an evaluation of research needs and approaches. *Dans* Transactions, 51st North American Wildlife and Natural Resources Conference. Reno, Nevada. p. 357–383.

HABITAT FAUNIQUE CANADA. 1986. Points saillants du programme national. Ottawa, Ontario. 12 p.

HAMMER, U.T. 1978. The saline lakes of Saskatchewan. III. Chemical characterization. International Revue Gestion. Hydrobiologia 63(3):311–355.

HAMMER, U.T., ET R.C. HAYNES. 1978. The saline lakes of Saskatchewan. II. Locale, hydrography and other physical aspects. International Revue Gestion. Hydrobiologia 63(2):179–203.

HAMMER, U.T., J. SHAMESS, ET R.C. HAYNES. 1983. The distribution and abundance of algae in saline lakes of Saskatchewan, Canada. Hydrobiologia 105(1):1–26.

HARE, F.K., ET H.K. THOMAS. 1979. The regional climates of Canada—prairie region. *Dans* Climate Canada. 2e éd. John Wiley and Sons Limited. Toronto, Ontario. p. 100–104.

HARMON, K.W. 1970. Prairie potholes. National Parks and Conservation Magazine 45(3):25–28.

HARRIS, S.W., ET W.H. MARSHALL. 1963. Ecology of water level manipulations on a northern marsh. Ecology 44(2):331–343.

HARRIS, W.C., A. KABZEMS, A. KOSOWAN, G.A. PADBURY, ET J.S. ROWE. 1983. Ecological regions of Saskatchewan. Forestry Division, Saskatchewan Department of Parks and Renewable Resources. Technical Bulletin no 10. Régina, Saskatchewan. 57 p.

HEBDA, R.J. 1982. Postglacial history of grasslands of southern British Columbia and adjacent regions. *Dans* Compte rendu, Symposium on Grassland Ecology and Classification. A.C. Nicholson, A. McLean et T.E. Baker, directeurs de publication. British Columbia Ministry of Forests. Victoria, Colombie-Britannique. p. 157–191.

KADLEC, J.A. 1962. Effects of drawdown on a waterfowl impoundment. Ecology 43(2):267–281.

KADLEC, R.H., ET J.A. KADLEC. 1979. Wetlands and water quality. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. Proceedings, National Symposium on Wetlands. P.E. Greeson, J.R. Clark et J.E. Clark, directeurs de publication, Lake Buena Vista, Florida. American Water Resources Association. Technical Publication Series S79-2. p. 436–456.

KAMINSKI, R.M., ET H.H. PRINCE. 1981. Dabbling duck and aquatic macroinvertebrate responses to manipulated wetland habitat. Journal of Wildlife Management 45(1):1–15.

KIEL, W.M., JR., A.S. HAWKINS, ET N.G. PERRET. 1972. Waterfowl habitat trends in the aspen parkland of Manitoba. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports no 18. Ottawa, Ontario. 61 p.

KLOPATEK, J.M. 1978. Nutrient dynamics of freshwater riverine marshes and the role of emergent macrophytes. *Dans* Freshwater wetlands—ecological processes and management potential. R.E. Good, D.F. Whigham et R.L. Simpson, directeurs de publication. Academic Press. New York, New York. p. 195–216.

KLOPATEK, J.M., ET F.W. STEARNS. 1978. Primary productivity of emergent macrophytes in a Wisconsin freshwater marsh ecosystem. American Midland Naturalist 100(2):320–332.

KOELN, G.T., P. CALDWELL, ET D.E. WESLEY. 1986. Inventory of wetlands with LANDSAT's thematic mapper. Compte rendu du 10e Symposium canadien sur la télédétection. Edmonton, Alberta.

KRULL, J.N. 1970. Aquatic plant– macro-invertebrate associations and waterfowl. Journal of Wildlife Management 34(4):707–718.

LAKSHMAN, G. 1982. Natural and artifical ecosystems for the treatment of wastewaters. Saskatchewan Research Council. Publication no E-820-7-E-82. Saskatoon, Saskatchewan.

LAST, V.M., ET T.M. SCHWEYEN. 1983. Sedimentology and geochemistry of saline lakes of the Great Plains. Hydrobiologia 105:245–263.

LIEFFERS, V.J., ET J.M. SHAY. 1983. Ephemeral saline lakes on the Canadian Prairies: their classification and management for emergent macrophyte growth. Hydrobiologia 105:85–94.

LODGE, R.W. 1969., Agricultural use of wetlands. *Dans* Saskatoon wetlands seminar. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports no 6. Ottawa, Ontario. p. 11–15.

LOOMAN, J. 1981. The vegetation of the Canadian prairie provinces. III. Aquatic and semi-aquatic vegetation. Phytocoenologia 9(4):473–497.

LOOMAN, J. 1982. The vegetation of the Canadian prairie provinces. III. Aquatic and semi-aquatic vegetation. Part 2. Freshwater marshes and bogs. Phytocoenologia 10(4):401–423.

LOVE, D. 1959. The postglacial development of the flora of Manitoba. A discussion. Journal canadien de botanique 37:547–585.

LYNCH, J.J., C.D. EVANS, ET V.C. CONOVER. 1963. Inventory of waterfowl environments of prairie Canada. *Dans* Transactions, 28th North American Wildlife and Natural Resources Conference. p. 93–108.

LYNCH-STEWART, P. 1983. Changements d'utilisation des terres dans les milieux humides au sud du Canada : aperçu et bibliographie. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 26. Ottawa, Ontario. 126 p.

MCKELVEY, R. (communication personnelle). Décembre 1986. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Delta, Colombie-Britannique.

MERRIAM, G. 1978. Changes in aspen parkland habitats bordering Alberta sloughs. Canadian Field Naturalist 92(2):109–122.

METRAS, L. 1985. Les oiseaux migrateurs abattus au Canada pendant la saison de chasse de 1983. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Cahier de biologie nº 154. Ottawa, Ontario. 39 p.

MEYBOOM, P. 1966. Unsteady groundwater flow near a willow ring in hummocky moraine. Journal of Hydrology 4:38–62.

MEYBOOM, P. 1967a. Mass-transfer studies to determine the groundwater regime of permanent lakes in hummocky moraine of western Canada. Journal of Hydrology 5:117–142.

MEYBOOM, P. 1967b. Groundwater studies in the Assiniboine River drainage basin. Part 1. The evaluation of a flow system in south–central Saskatchewan. Commision géologique du Canada, ministère des Mines et des Relevés techniques. Bulletin nº 139. Ottawa, Ontario. 61 p.

MILLAR, J.B. 1969. Observations on the ecology of wetland vegetation. *Dans* Saskatoon wetlands seminar. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports nº 6. Ottawa, Ontario. p. 49–56.

MILLAR, J.B. 1971. Shoreline-area ratio as a factor in rate of water loss from small sloughs. Journal of Hydrology 14:259–284.

MILLAR, J.B. 1973. Vegetation changes in shallow marsh wetlands under improving moisture regime. Journal canadien de botanique 51(8):1443–1457.

MILLAR, J.B. 1976. Wetland classification in western Canada: a guide to marshes and shallow open water wetlands in the grasslands and parklands of the prairie provinces. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports nº 37. Ottawa, Ontario. 38 p.

MITCHELL, J., H.C. MOSS, ET J.S. CLAYTON. 1944. Soil survey of southern Saskatchewan. College of Agriculture, Université de Saskatchewan. Soil Survey Report nº 12. Saskatoon, Saskatchewan. 259 p.

MOYLE, J.B. 1945. Some chemical factors influencing the distribution of aquatic plants in Minnesota. American Midland Naturalist 34:402–420.

MUNRO, D.A. 1963. Ducks and the Great Plains wetlands. Canadian Audubon Magazine. Septembre–Octobre 1963. 8 p.

NELSON, J.W., ET J.A. KADLEC. 1984. A conceptual approach to relating habitat structure and macroinvertebrate production in freshwater wetlands. *Dans* Transactions, 49th North American Wildlife and Natural Resources Conference. Boston, Massachusetts. p. 262–269.

NICHOLSON, A.C., J. POJAR, ET E.H. HAMILTON. 1982. Description of southern interior grasslands of British Columbia. Appendix 1. *Dans* Compte rendu, Symposium on Grassland Ecology and Classification. A.C. Nicholson, A. McLean, et T.E. Baker, directeurs de publication. British Columbia Ministry of Forests. Victoria, Colombie-Britannique. p. 10–17.

NICHOLSON, N.L., DIRECTEUR DE PUBLICATION. 1957. Atlas du Canada. Direction de la géographie, ministère des Mines et des Relevés techniques. Ottawa, Ontario.

NOVITZKI, R.P. 1978. Hydrological characteristics of Wisconsin's wetlands and their influence on floods, streamflow and sediment. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. Proceedings, National Symposium on Wetlands. P.E. Greeson, J.R. Clark et J.E. Clark, directeurs de publication. Lake Buena Vista, Florida. American Water Resources Association. Technical Publication Series S79-2. p. 377–388.

ODUM, E.P. 1978. The value of wetlands: a hierarchical approach. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. Proceedings, National Symposium on Wetlands. P.E. Greeson, J.R. Clark et J.E. Clark, directeurs de publication. Lake Buena Vista, Florida. American Water Resources Association. Technical Publication Series S79-2. p. 16–15.

PAVLICK, L.E., ET J. LOOMAN. 1984. Taxonomy and nomenclature of rough fescues, *Festuca altaica*, *F. campestris* (*F. scabrella* var. *major*) and *F. hallii*, in Canada and the adjacent part of the United States. Journal canadien de botanique 62:1739–1749.

RAKOWSKI, P.W., ET B.P. CHABOT. 1983. Changes in land use in the Minnedosa district of southwestern Manitoba: an update on the Kiel–Hawkins transect. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Winnipeg, Manitoba. Inédit. 15 p.

RENAUD, E., G.J. WAPPLE, ET D.W. EDGETT. 1979. The piping plover in Saskatchewan: a status report. Blue Jay 37(2):90–103.

RICHARDS, J.H., ET K.I. FUNG. 1969. Atlas of Saskatchewan. University of Saskatchewan Modern Press. Saskatoon, Saskatchewan.

RICHARDSON, C.J. 1978. Primary productivity values in freshwater wetlands. *Dans* Wetland functions and values: the state of our

understanding. Compte rendu, National Symposium on Wetlands. P.E. Greeson, J.R. Clark et J.E. Clark, directeurs de publication. Lake Buena Vista, Florida. American Water Resources Association. Technical Publication Series S79-2. p. 131–145.

RITCHIE, J.C. 1976. The late-Quaternary vegetational history of the western interior of Canada. Journal canadien de botanique 54:1793–1818.

ROWE, J.S. 1972. Les régions forestières du Canada. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Publication nº 1300F. Ottawa, Ontario. 172 p.

ROZKOWSKA, A.D., ET A. ROZKOWSKI. 1969. Seasonal changes of slough and lake water chemistry in southern Saskatchewan. Journal of Hydrology 7:1–13.

ROZKOWSKI, A. 1969. Chemistry of ground and surface waters in the Moose Mountain area, southern Saskatchewan. Commission géologique du Canada, ministère des Mines et des Ressources. Rapport 67-9. Ottawa, Ontario. 111 p.

RUMP, P.C., ET K. HARPER. 1980. Land use in Saskatchewan. 2e édition. Policy, Planning and Research Branch, Saskatchewan Department of the Environment. Régina, Saskatchewan. p. 58–71.

RYDER, J.D. 1982. Surficial geology of the grassland areas of British Columbia and adjacent regions. *Dans* Compte rendu, Symposium on Grassland Ecology and Classification. A.C. Nicholson, A. McLean et T.E. Baker, directeurs de publication. British Columbia Ministry of Forests. Victoria, Colombie-Britannique. p. 63–94.

SANDERSON, G.C., ET F.L. BELLROSE. 1969. Wildlife habitat management of wetlands. Annals Academy Brasil, Ciénc 41:153–204.

SATHER, J.H., ET R.D. SMITH. 1984. An overview of major wetland functions and values. Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior. Rapport nº FWS/OBS-84/18. 68 p.

SHAY, J.M., ET C.T. SHAY. 1983. Prairie marshes in western Canada. *Dans* Compte rendu, Mire–Wetland Symposium. International Biological Sciences Association et Association botanique du Canada. Winnipeg, Manitoba.

SHJEFLO, J.B. 1968. Evapotranspiration and the water budget of prairie potholes in North Dakota. *Dans* Hydrology of prairie potholes in North Dakota. United States Geological Survey. Professional Paper 585-B. 49 p.

SLOAN, C.E. 1970. Prairie potholes and the water table. United States Geological Survey. Professional Paper 700-B. p. B227–B231.

SMITH, A.F., J.H. STOUDT, ET J.B. GOLLOP. 1964. Prairie potholes and marshes. *Dans* Waterfowl tomorrow. J.P. Linduska, directeur de publication. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, United States Department of the Interior. p. 39–50.

SMITH, A.G. 1971. Ecological factors affecting waterfowl production in the Alberta parklands. Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior. Research Publication nº 98. 49 p.

SMITH, A.L. 1973. Life cycle of the marsh grass, *Scolochloa festucacea*. Journal canadien de botanique 51:1661–1668.

SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. 1982. Resource Conservation Glossary. 3e édition. H.W. Prtichard, président. 126 p.

STEWART, R.E., ET H.A. KANTRUD. 1971. Classification of natural ponds and lakes in the glaciated prairie region. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, United States Department of the Interior. Research Publication nº 92. 57 p.

STEWART, R.E., ET H.A. KANTRUD. 1972. Vegetation of prairie potholes, North Dakota, in relation to quality of water and other environmental factors. *Dans* Hydrology of prairie potholes in North Dakota. United States Geological Survey. Professional Paper 585-D. 36 p.

STRONG, W.L., ET K.R. LEGGAT. 1981. Ecoregions of Alberta. Research Evaluation and Planning Division, Alberta Department of Energy and Natural Resources. Technical Report nº T/4. Edmonton, Alberta. 64 p.

SUGDEN, L.G., ET G.W. BEYERSBERGEN. 1984. Farming intensity on waterfowl breeding grounds in Saskatchewan parklands. Wildlife Society Bulletin 12(1): 22–26.

SWANSON, M. 1974. Trout farming in Saskatchewan. Saskatchewan Department of Tourism and Renewable Resources. Regina, Saskatchewan. 18 p.

SWANSON, G.A., ET M.I. MEYER. 1977. Impact of fluctuating water levels on feeding ecology of breeding Blue-winged Teel. Journal of Wildlife Management 41(3): 426–433.

TARNOCAI, C. 1980. Canadian wetland registry. *Dans* Compte rendu d'un atelier sur les terres humides du Canada. C.D.A. Rubec et F.C. Pollett, directeurs de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire nº 12. Ottawa, Ontario. p. 1–30.

TISDALE, E.W. 1947. The grasslands of the southern interior of British Columbia. Ecology 28:246–282.

VAN DER VALK, A.G., ET L.C. BLISS. 1971. Hydrarch succession and net primary production of oxbow lakes in central Alberta. J ournal canadien de botanique 49:1177–1199.

VAN DER VALK, A.G., ET C.B. DAVIS. 1978. Primary production of prairie glacial marshes. *Dans* Freshwater wetlands—ecological processes and management potential. R.E. Good, D.F. Whigham et R.L. Simpson, directeurs de publication Academic Press. New York, New York. p. 21–37.

VAN DER VALK, A.G., ET C.B. DAVIS. 1980. The impact of a natural drawdown on the growth of four emergent species in a prairie glacial marsh. Aquatic Botany 9:301–322.

WALKER, B.H., ET R.T. COUPLAND. 1968. An analysis of vegetation–environmental relationships in Saskatchewan sloughs. Journal canadien de botanique 46:509–522.

WALKER, B.H., ET R.T. COUPLAND. 1970. Herbaceous wetland vegetation in the aspen grove and grassland regions of Saskatchewan. Journal canadien de botanique 48:1861–1878.

WARD, P. 1968. Fire in relation to waterfowl habitat of the Delta marshes. *Dans* Compte rendu, 8th Annual Tall Timber Fire Ecology Conference. p. 255–267.

WEIR, T.R., DIRECTEUR DE PUBLICATION. 1960. Economic atlas of Manitoba. Manitoba Department of Industry and Commerce. Winnipeg, Manitoba.

WELLER, M.W. 1978. Wetland habitats. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. Compte rendu, National Symposium on Wetlands. P.E. Greeson, J.R. Clark et J.E. Clark, directeurs de publication. Lake Buena Vista, Florida. American Water Resources Association. Technical Publication Series S79-2. p. 210–234.

WELLER, M.W., ET L.M. FREDRICKSON. 1973. Avian ecology of a managed glacial marsh. The living Bird 12:269–291.

WHITESELL, D.E. 1970. Wetlands preservation–management in North America. Transactions, 35th North American Wildlife and Natural Resources Conference. p. 327–335.

WONDERS, W.C., DIRECTEUR EXÉCUTIF. 1969. Atlas of Alberta. Technical Division, Alberta Lands and Forest Surveys Branch, Alberta Department of Highways. University of Alberta Press. Edmonton, Alberta.

YANCEY, R.K. 1964. Matches and marshes. *Dans* Waterfowl tomorrow. J.P. Linduska, directeur de publication. Bureau of Sport Fisheries and Wildlife, United States Department of the Interior. p. 619–626.

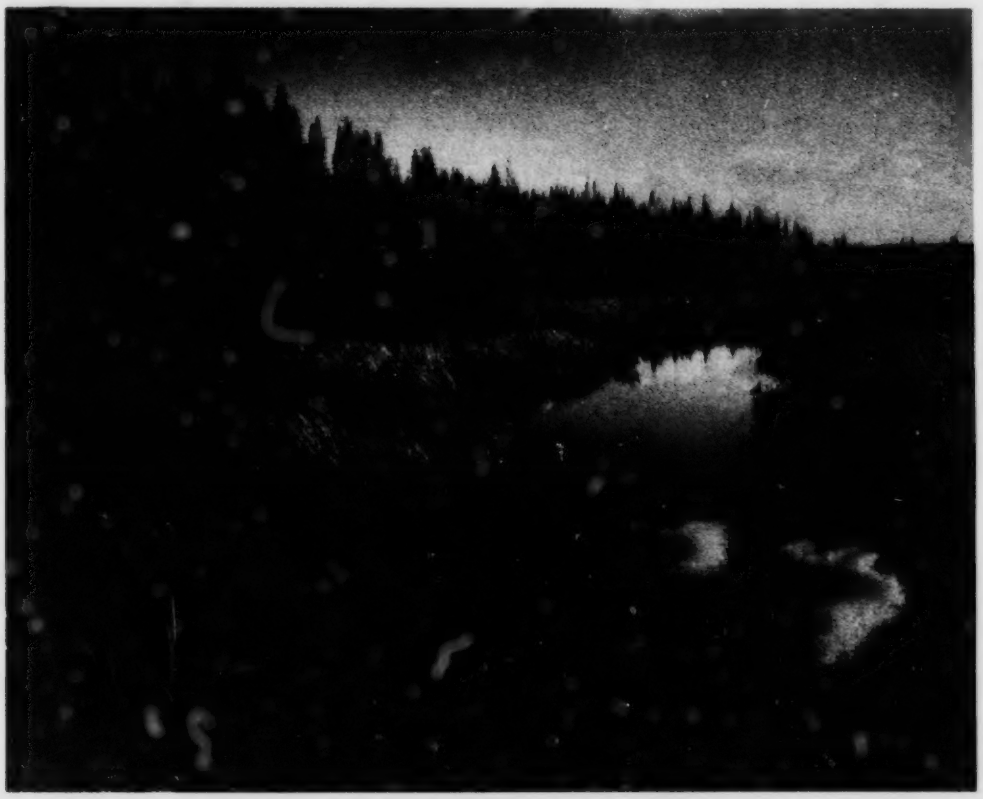
ZOLTAI, S.C. 1979. An outline of the wetland regions of Canada. *Dans* Compte rendu d'un atelier sur les terres humides du Canada. C.D.A. Rubec et F. C. Pollett, directeurs de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire, nº 12. Ottawa, Ontario. p. 1–8.

ZOLTAI, S.C., F.C. POLLETT, J.K. JEGLUM, ET G.D. ADAMS. 1975. Developing a wetland classification for Canada. *Dans* Compte rendu, 4th North American Forest Soils Conference. B. Bernier et C.H. Winget, directeurs de publication. Presses de l'Université Laval. Québec, Québec. p. 497–511.

6 Terres humides de l'Est tempéré du Canada

V. Glooschenko
P. Grondin

Terres humides de l'Est tempéré du Canada



Les terres humides de la région tempérée de l'Est (TE) s'étendent dans le sud de l'Ontario, la plaine du Saint-Laurent ainsi que les plateaux appalachiens au Québec et au Nouveau-Brunswick et longent les vallées fluviales du Saint-Laurent, des Outaouais et du Richelieu au Québec, et de la Saint-Jean dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick. On trouve aussi des terres humides dans la région tempérée pacifique (TP) dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique, mais ces dernières font l'objet d'un exposé distinct au chapitre 8.

La région de terres humides tempérée de l'Est se distingue des autres régions de terres humides par la présence de marécages boisés de feuillus où prédomine l'érable

(*Acer saccharinum* et *Acer rubrum*). La région est caractérisée par ces espèces d'érable, car les marécages dominés par les ormes et les frênes (*Ulmus* spp.–*Fraxinus* spp.) se trouvent dans la région de terres humides du Bas-Boréal (BB) et la sous-région du Boréal moyen humide (BMh). La région des terres humides tempérée de l'Est se distingue aussi par une multitude de marais très étendus à haute végétation (comme *Typha* spp.), par des terres à plans d'eau peu profonde qui abritent une grande diversité d'espèces submergées et flottantes et par quelques-uns des plus importants marais côtiers salés et saumâtres au Canada. Cependant, comme l'homme perturbe depuis très longtemps la végétation de cette région, les terres humides actuelles ne représentent pas clairement la répartition naturelle des écosystèmes de terres humides.

Il est difficile de définir avec précision la limite entre cette région et la région adjacente de terres humides du Bas-Boréal. Cependant, il existe suffisamment de marécages boisés d'érables rouges et argentés dans le nord-ouest de la partie méridionale de l'Ontario pour en justifier l'inclusion dans la région de terres humides tempérée de l'Est. Cette révision, qui est indiquée à la figure 6–1, modifierait les limites déjà proposées par le Groupe de travail national sur les terres humides du Canada (1986) (voir à l'intérieur de la couverture arrière).

La région de terres humides tempérée de l'Est, qui couvre plus de 200 000 km², forme une bande linéaire qui traverse la partie la plus peuplée du Canada. Cette région connaît une culture intensive, la production du sirop d'érable avec la sève des arbres de l'espèce *Acer saccharum* y constitue une composante économique majeure. Les terres humides de cette partie du pays sont sujettes à des pressions beaucoup plus fortes que partout ailleurs au Canada en vue de leur conversion à des fins urbaines, industrielles et agricoles ainsi que pour l'expansion des installations portuaires, des marinas et du réseau routier.

Ce chapitre porte sur les facteurs qui président à la formation des terres humides tempérées de l'Est, les

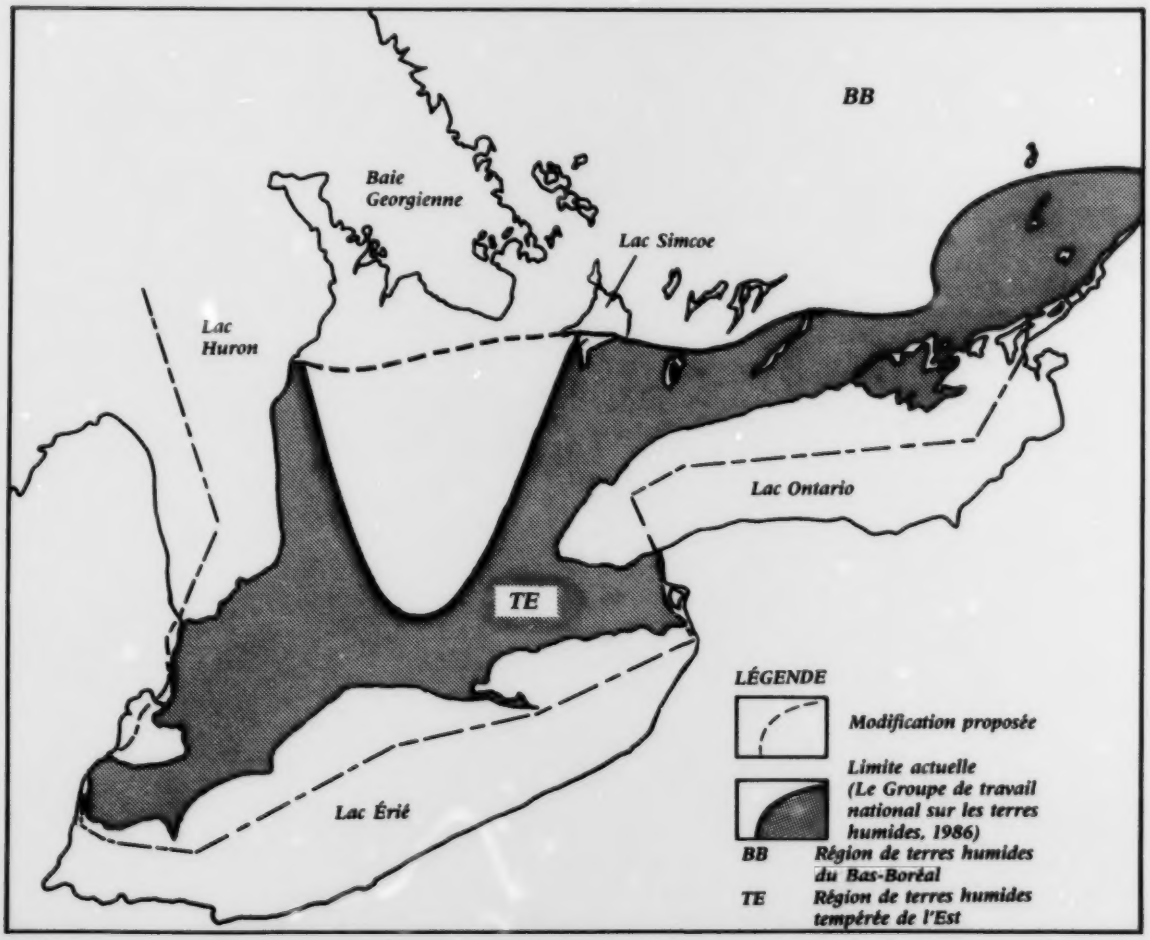
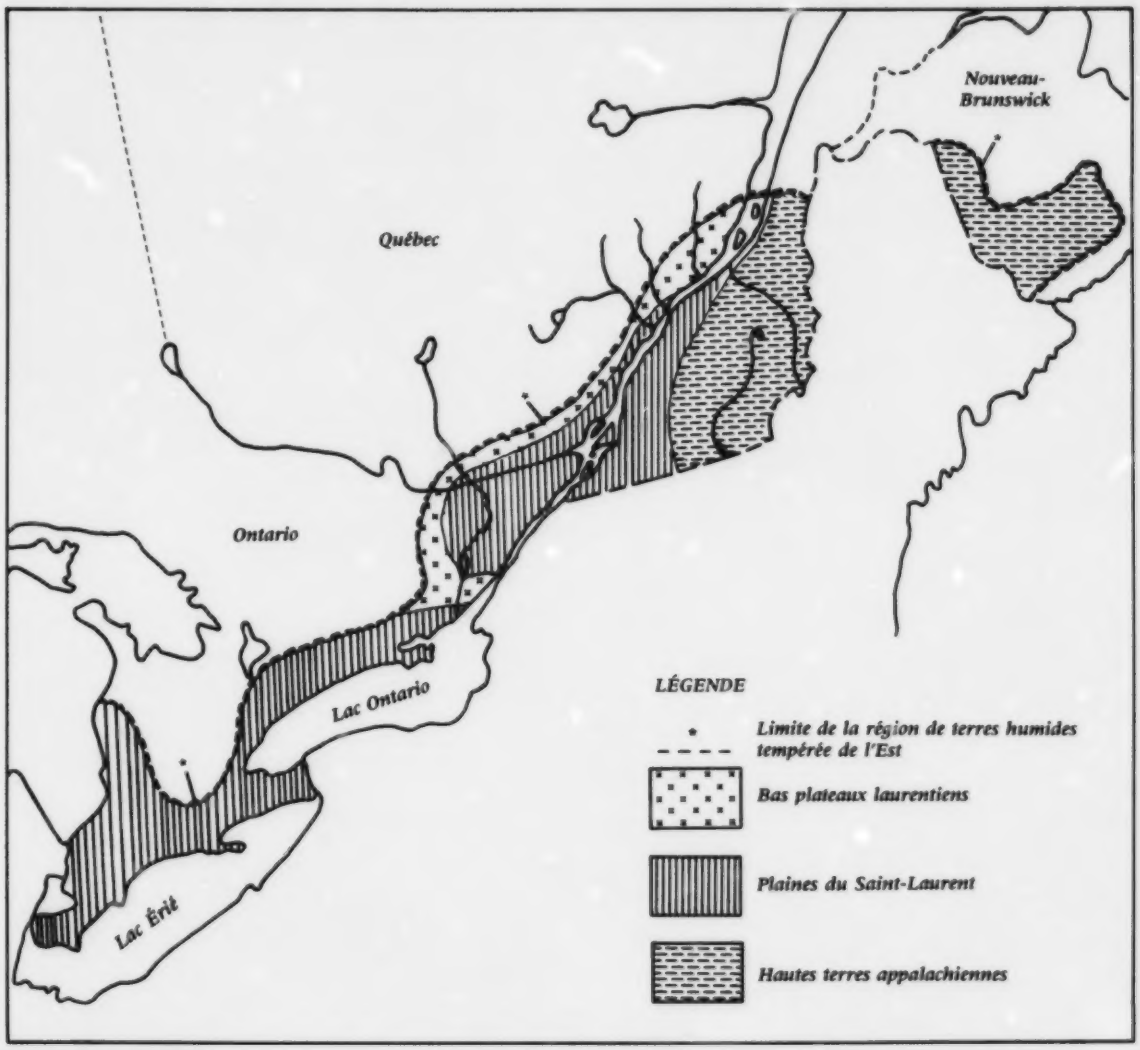


Figure 6–1.
Modification proposée pour la région de terres humides tempérée de l'Est dans le sud de l'Ontario.



Source : Bostock (1970).

Figure 6–2.
Subdivisions physiographiques de la région de terres humides tempérée de l'Est.

types communs de milieux humides qui s'y trouvent et l'état actuel des programmes d'évaluation et de conservation des terres humides de cette région.

Cadre naturel

Géographie physique

La région de terres humides tempérée de l'Est comporte essentiellement deux subdivisions physiographiques, soit (a) la plaine du Saint-Laurent qui s'étend du sud-ouest de l'Ontario à l'Estrie au Québec et (b) les plateaux appalachiens dans certains secteurs de la région au Québec et au Nouveau-Brunswick. Cette région de terres humides est bordée au nord, de l'axe Frontenac dans l'est de l'Ontario jusqu'à la ville de Québec, par les bas-plateaux laurentiens du Bouclier canadien (Bostock, 1970) (figure 6–2).

La plaine du Saint-Laurent est caractérisée par un relief relativement plat qui reflète l'assise rocheuse ordovicienne sédimentaire sous-jacente. La glaciation du Wisconsin, survenue il y a 12 000 à 13 000 ans avant notre ère (ANE), ainsi que la formation subséquente de la grande mer de Champlain ont été à l'origine du dépôt, sur une grande partie de ces basses-terres, de sédiments glacio-lacustres, dont des argiles marines et lacustres et des sables fluviaux.

La glaciation et l'érosion par l'eau ont créé de nombreux bassins peu profonds dans les plaines calcaires de la région de terres humides tempérée de l'Est. Vu la surface plane a légèrement inclinée de ces plaines et la résistance de l'assise rocheuse à l'érosion par les cours d'eau, nombre de ces bassins ont été mal drainés et ont fourni des sites favorables à la formation de

terres humides. Un exemple remarquable est la plaine de calcaire de quelque 3 600 km² dont le centre est situé à Smiths Falls en Ontario et qui comprend de vastes terres humides.

Sur les plaines morainiques, de jeunes cours d'eau sont apparus après la glaciation du Wisconsin. Dans les parties plates et moins profondes de ces plaines, les cours d'eau ont creusé la surface jusqu'à l'assise rocheuse sous-jacente, après quoi ce processus a pratiquement cessé avant que le réseau de drainage ne se soit étendu à toute la plaine. Le bog Luther, à l'ouest d'Orangeville en Ontario, en est un exemple. Le calcaire, exposé à Grand Valley à environ 5 km à l'est du bog Luther, se situe approximativement à 23 m sous la surface de la plaine adjacente. Cette assise rocheuse a empêché la rivière Grand de se creuser d'avantage, ce qui a freiné la pénétration de la plupart de ses tributaires dans le bassin du bog Luther. Des réseaux de drainage ne se sont pas encore formés sur les plaines morainiques recouvertes de dépôts modérément profonds. Des terres humides sont également apparues dans des bassins situés dans des plaines argileuses plates, mal drainées et parsemées de plans d'eau comme la plaine Haldimand près de Niagara Falls en Ontario.

Les voies naturelles de drainage sont considérablement perturbées par les drumlins du vaste champ de drumlins dont le centre est situé à Peterborough en Ontario. À cet endroit, les terrains entre les drumlins sont mal drainés et abritent des marécages dominés par le thuya (*Thuja* spp.) ou par l'orme et le frêne (*Ulmus* spp.–*Fraxinus* spp.). Les barres formées dans les lacs glaciaires sont des barrages qui ont entravé le drainage des lagunes du côté de la terre ferme, permettant ainsi la formation de terres humides. Ces dernières sont également apparues dans les bassins des anciens plans d'eau où il n'y avait pas d'obstacle à l'établissement de réseaux de drainage autre que l'absence d'inclinaison des terrains environnants. Le marais Holland en Ontario s'étend dans une vallée préglaciaire remplie de débris dans laquelle le réseau de la rivière Schomberg est faiblement encaissé. En conséquence, cette rivière déborde souvent, préservant ainsi un fen ouvert le long de ses berges, et n'a pas réussi au cours de toute son histoire à drainer les bogs de bassin plus à l'intérieur des terres de ce fen.

Les bogs Mer Bleue et Alfred près d'Ottawa en Ontario sont des exemples de terres humides qui se sont formées dans des chenaux de drainage postglaciaires. Un précurseur de la rivière des Outaouais a laissé de vastes deltas sablonneux dans la mer de Champlain, à deux endroits juste à l'est d'Ottawa. Après la disparition complète des glaces dans la vallée des Outaouais et l'ouverture d'un exutoire inférieur, plusieurs chenaux ont été creusés dans ces deltas. Les bogs Mer Bleue et Alfred se sont développés dans des parties non drainées de ces chenaux.

De vastes marais se sont formés dans le bassin des Grands Lacs et en bordure du fleuve Saint-Laurent et des rivières Richelieu et des Outaouais, dont les grands marais de l'île Walpole dans le lac St. Clair, les marais de la Pointe Pelée, de Rondeau et de la Pointe Long sur les rives du lac Érié, les marais qui longent les biefs et les baies près de la pointe Prince-Édouard sur les rives du lac Ontario en Ontario, enfin ceux situés aux abords du lac Saint-Pierre, du lac des Deux-Montagnes, de la baie de Kamouraska et du Cap-Tourmente au Québec.

Les plateaux appalachiens dans le sud-est du Québec et le sud-ouest du Nouveau-Brunswick font partie de la région de terres humides tempérée de l'Est et présentent un relief très différent qui n'est pas sans effet sur la formation des terres humides. Cette partie du pays à relief généralement onduleux et montagneux (Ducruc et Audet, 1984; Dubois, 1974), recouvre une mince couche de moraine glaciaire et de sédiments remaniés qui repose sur une assise rocheuse sédimentaire dévonienne. Les terres humides se font plus rares dans les hautes terres que dans les basses terres du Saint-Laurent et présentent une forme et des caractéristiques nettement différentes. La région se distingue par des sols podzoliques acides, de texture généralement grossière, que le lessivage a dépouillés de la plupart de leurs éléments nutritifs. La plupart des sols sont des podzols humo-ferriques ou ferro-humiques. Les fragipans, formés par la cimentation des éléments de carbone organique (C), de fer (Fe) et d'aluminium (Al) perdus par lessivage, sont communs et se trouvent généralement à moins de 50 cm de la surface. Avec le temps, ces conditions nuisent au drainage et favorisent la formation de marécages et de bogs. Les gleysols sont caractéristiques d'un grand nombre de ces sols minéraux mal drainés, tandis que l'on trouve des sols organiques dans les bogs et d'autres terres humides (Hirvonen, 1984).

Dans le sud du Nouveau-Brunswick, le thuya occidental (*Thuja occidentalis*) est très répandu sur les sols calcaires. Vu l'affaissement général du terrain et la texture plus fine des sols, le drainage des eaux joue un rôle majeur dans la composition de la végétation. Les grands bogs sont nombreux. Des espèces comme l'épinette noire (*Picea mariana*), le sapin baumier (*Abies balsamea*) et l'érable rouge (*Acer rubrum*), qui croissent bien sur les sols mal drainés, sont répandues. La prédominance du pin blanc (*Pinus strobus*) sur un terrain d'épandage fluvio-glaciaire de vallée est également caractéristique de cette partie du Nouveau-Brunswick. La vallée de la rivière Saint-Jean, enclave abritée où règnent des conditions tempérées, se distingue par une couverture très clairsemée de spécimens de frêne d'Amérique (*Fraxinus americana*), de noyer cendré (*Juglans cinerea*), d'ostryer de Virginie (*Ostrya virginiana*) et de tilleul d'Amérique (*Tilia americana*). Le frêne noir (*Fraxinus nigra*) se trouve sur les terrains mals drainés.

La végétation caractéristique des bas plateaux du Québec demeure les boisés de merisiers–érables à sucre (*Betula alleghaniensis–Acer saccharum*), de hêtres à grande feuille–érables à sucre, et de merisiers–sapins baumiers (Gilbert *et al.*, 1985). Les terrains mal drainés abritent le thuya occidental ainsi que des spécimens épars de sapin baumier.

Climat

Le tableau 6–1 offre un aperçu des paramètres climatiques de la région de terres humides tempérée de l'Est qui est caractérisée par des températures hivernales relativement douces. Seules les régions de terres humides tempérée pacifique (TP) et océanique pacifique (OP) jouissent d'un climat hivernal plus doux. Les températures quotidiennes moyennes de 17 à 21°C observées en juillet à des stations climatiques de la région de terre humides tempérées de l'Est indiquent que ce secteur est généralement plus chaud en été que toute autre région de terres humides au Canada.

En Ontario, on observe en moyenne de 167 à 172 jours sans gel près du lac Érié et de 150 à 155 près de Toronto et de London, le minimum relevé à l'intérieur des terres adjacentes au lac Huron dans la partie ouest de la région de terres humides tempérées de l'Est est d'environ 142. Dans la vallée du Saint-Laurent, le nombre de jours sans gels va d'environ 100 près de Sherbrooke au Québec à environ 148 près d'Ottawa en Ontario. La partie de la region de terres humides tempérée de l'Est qui se trouve au Nouveau-Brunswick en compte de 115 à 120. Dans l'ensemble, cette région de terres humides reçoit en moyenne de 900 à 1 400 mm de précipitations par année; il s'agit d'une quantité assez importante; seules les régions océaniques atlantique et pacifique en reçoivent plus.

Il est évident que, pendant la saison de croissance, les marécages boisés d'érables rouges et argentés et de frênes (*Acer* spp.–*Fraxinus* spp.), qui caractérisent la région de terres humides tempérées de l'Est, exigent une combinaison de températures raisonnablement chaudes, de précipitations modérément abondantes et d'hivers doux.

Formes de terres humides de la région tempérée de l'Est

Les terres humides caractéristiques de la région tempérée de l'Est sont examinées dans le contexte du Système canadien de classification des terres humides, présenté à l'annexe I (Tarnocai, 1980). On utilise cinq classes : le bog, le fen, le marécage, le marais et le plan d'eau peu profonde. On énumère ci-dessous les formes de terres humides les plus communes dans la région de terres humides tempérée de l'Est et on examine des exemples de chacune d'entre elles dans les sections qui suivent.

Bogs : (i) plat, (ii) de bassin, (iii) bombé, (iv) de rivage.
Fens : (i) de rivage, (ii) de ruisseau, (iii) de chenal.
Marécages : (i) à bordure tourbeuse, (ii) de bassin, (iii) de ruisseau (iv) de rivage, (v) sourceux.
Marais : (i) de rivage, (ii) d'eau douce à marée.
Plan d'eau peu profondes : description générale.

Formes de bogs de la région tempérée de l'Est

Comme les bogs de la région de terres humides tempérée de l'Est se forment dans des dépressions peu profondes qui reçoivent des quantités négligeables d'eaux de ruissellement des bas plateaux environnants, leur seule source d'eau provient des précipitations qui tombent directement sur eux. La nappe phréatique se trouve à la surface ou près de celle-ci au printemps, et légèrement en-dessous pendant le reste de l'année. Les mousses forment souvent des buttes soulevées, séparées par des interstices bas et mouillés. Le bog est fréquemment bombé et quand il est plat ou au niveau des terres humides environnantes il est à peu près complètement isolé des eaux des sols minéraux. Ainsi, les eaux superficielles et la tourbe des bogs sont très acides (le pH varie de moins de 4 à 4.5) et les couches supérieures de tourbe sont extrêmement pauvres en éléments nutritifs minéraux. La tourbe se forme d'habitude *in situ* dans des conditions où il n'existe pas de drainage extérieur et où la saturation d'oxygène est très faible. Bien que les bogs soient en général couverts de *Sphagnum* spp., des laîches peuvent y croître aussi. Boisés ou dépourvus d'arbres, ces terrains se distinguent fréquemment par la présence d'un étage d'éricacées. La profondeur

Tableau 6–1. Données climatiques pour des stations météorologiques représentatives dans la région de terres humides tempérée de l'Est

Station	Température quotidienne moyenne en janvier (°C)	Température quotidienne moyenne en juillet (°C)	Nombre de degré-jours de croissance au-dessus de 5°C	Précipitations annuelles moyennes (mm)	Chutes de neige annuelles moyennes (cm)
London (Ontario)	−6.6	20.3	2 139.3	909.4	208.8
Barrie (Ontario)	−8.9	19.1	*	949.5	280.3
Cornwall (Ontario)	−9.3	20.9	2 171.2	927.9	215.9
Sherbrooke (Québec)	−11.7	17.8	1 602.3	1 075.1	322.6
Québec (Québec)	−12.1	17.5	1 689.7	1 174.0	343.4
Saint-Jean (Nouveau-Brunswick)	−7.8	16.9	1 499.4	1 444.4	292.7

Source : Service de l'environnement atmosphérique (1982).
**Aucune donnée.*

moyenne de la tourbe dans les bogs de la région tempérée de l'Est est d'environ 4 m avec une plage de 40 cm à plus de 6 m (Pala et Boissonneau, 1985).

Il existe quatre formes de bog dans la région de terres humides tempérée de l'Est : plat, de bassin, bombé et de rivage. Les bogs couvrent environ 10 % de la superficie des basses terres du Saint-Laurent et 2 à 3 % de la superficie des hautes terres appalachiennes.

Bogs plats et de bassin

Les bogs plats, qui sont surtout concentrés dans le sud-ouest de l'Ontario, se forment dans des bassins peu profonds entourés d'un bassin versant très étroit. Comme il existe, à la périphérie de ces bogs, une zone étroite à moyennement large où la couche de tourbe est moins épaisse qu'au centre du bog (ou à un endroit près d'un côté dans les bassins asymétriques), un certain nombre de bogs de la région de terres humides tempérée de l'Est peuvent être classés parmi les bogs de bassin. L'expression "bog plat" employée ici est une désignation provisoire en attendant des descriptions plus précises de la morphométrie du bassin. Le type de bog à graminées et le type arbustif supérieur ("de bosquet") traités ci-dessous sont compris dans la forme de bog plat décrite par Zoltai *et al.* (1975). Le type "à graminées" comprend les laîches, les joncs et les plantes herbacées définis dans l'annexe I, et le type "arbustif" englobe les types arbustifs supérieur et inférieur.

Les bogs plats à graminées ont l'aspect d'une prairie à cause de la prédominance d'un étage de graminées où dominent d'habitude *Carex oligosperma* ou *Calamagrostis canadensis*. Par contre, dans le bog plat arbustif inférieur (Jeglum *et al.*, 1974), l'étage arbustif inférieur est composé de *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum groenlandicum* et *Aronia melanocarpa*.

Le bog plat à graminées comportant un étage dominant de graminées avec forte prépondérance de la laîche *Carex oligosperma* constitue un type mineur de végétation dans le bog Mer Bleue situé à 20 km à l'est d'Ottawa. Joyal (1970) a décrit un groupe floristique nommé "sphagno-calamagrosetum" dans ce même bog.

Un bog plat arbustif inférieur connu sous le nom de bog Luther s'étend à l'extrémité sud du lac Luther, à environ 30 km à l'ouest d'Orangeville en Ontario. L'étage arborescent constitue un couvert de moins de 1 %, composé de *Larix laricina* et de *Picea mariana*. L'étage arbustif inférieur dominant représente un couvert de 30 % du bog qui comprend, par ordre décroissant, *Chamaedaphne calyculata*, *Ledum groenlandicum*, *Andromeda glaucophylla* et *Aronia melanocarpa*. On y trouve la laîche *Eriophorum spissum* et des lichens sur les bords des rares dépressions à la surface du bog. *Sphagnum fuscum*, à l'origine des monticules, est l'espèce dominante de la couverture vivante.

Dans le bog plat, la couche tourbeuse d'environ 615 cm d'épaisseur est composée de tourbe et d'horizons inorganiques dont les caractéristiques sont résumées au tableau 6–2. Le pH de l'eau dans le sol a une valeur de 4.5. Le profil organique, classé parmi les mésisols typiques, est composé d'horizons de tourbe fibrique (Of) de 290 cm, d'horizons mésiques (Om) de 150 cm et d'horizons humiques (Oh) de 165 cm. L'étage intermédiaire comprend environ 70 % de tourbe mésique et la tourbe fibrique n'y a que 25 cm d'épaisseur. La tourbe humique n'atteint que 15 cm d'épaisseur à l'étage inférieur.

On suppose que les matériaux originels à texture limoneuse trouvés dans ce terrain ont été déposés dans un lac postglaciaire dont le niveau s'est finalement abaissé pour former un plan d'eau peu profonde à plantes incomplètement submergées et, peut-être aussi, émergées, et à sédiments limoneux. Ces derniers se sont accumulés pour former l'horizon mixte de sol organique et inorganique désigné par l'abbréviation "Ah" au tableau 6–2, même s'il est peu probable que son origine soit de nature pédogénétique. Les horizons organiques, qui s'étendent vers le haut jusqu'à Of5, se sont formés dans un fen qui occupait un plan d'eau peu profonde sur les rives du lac. Les strates tourbeuses mésiques et fibriques (horizons Of2 et Om1, Of3 et Om2, et Om3 à Om4) sont constituées de matériaux de *Sphagnum*, qui se sont accumulés en grande partie après l'assèchement du lac et la conversion de la terre humide d'un fen à laîches à un bog dont la végétation est dominée par *Sphagnum*. Les horizons Oh1 et Oh2 sont respectivement formés de tourbe bien décomposée et de boue, matériaux qui se sont probablement déposés dans de petites mares éphémères, apparues dans des dépressions peu profondes du bog.

Le tableau 6–2 présente aussi un résumé d'analyses chimiques d'horizons choisis dans le bog Luther en Ontario. La boue bien décomposée de l'horizon Oh1 a une teneur très élevée en ions de calcium (Ca) comparativement aux autres horizons de ce profil. Ce phénomène suppose la présence d'algues bleues-vertes dans la mare du bog et celle d'un cours d'eau qui alimentait la mare en cations. Les analyses chimiques de l'horizon Oh1 ne peuvent être comparées directement avec celles des horizons tourbeux sus-jacents.

Bogs bombés

Les bogs bombés sont assez répandus dans les parties de la région de terres humides tempérée de l'Est situées dans le sud du Québec. Ils se sont formés à l'intérieur de dépressions mal drainées au cours d'une période s'étendant sur plusieurs milliers d'années depuis le retrait de la mer glaciaire de Champlain. Ces bogs sont caractérisés par une couche de tourbe de 2 à 5 m d'épaisseur recouvrant des sables littoraux (figure 6–3), avec des valeurs de pH d'environ 4.5 au niveau de la nappe phréatique et de 4 dans les strates tourbeuses superficielles.

La plupart des bogs bombés de cette région de terres humides ont une couverture de végétation ar-

Tableau 6–2. Caractéristiques physiques et chimiques d'un bog plat arbustif inférieur au lac Luther en Ontario — le bog Luther

Horizon	Matière	Profondeur (cm)	Profondeur moyenne d'échantillonnage (cm)	pH (tourbe)	Décomposition (von Post)	Conductivité (µS/cm)	Capacité d'échange de cations (mé/100 g)	N total (%)	Cations échangeables (mé/100 g)		
									Ca	Mg	K
Of1	Couverture muscinale vivante	0–10	—	4.0	2	—	—	—	—	—	—
Of2	Tourbe fibrique	10–65	25	4.5	3–4	65.5	85.55	0.82	4.99	0.62	0.71
Om1	Tourbe mésique	65–145	75	4.0	5	65.0	84.28	1.12	0.74	0.15	0.36
		—	125	4.5	6	50.0	83.19	1.12	0.94	0.15	0.28
Oh1	Vase	145–190	175	4.5	8	58.5	59.81	0.96	16.84	1.23	0.24
Of3	Tourbe fibrique	190–215	—	4.0	4	—	—	—	—	—	—
Om2	Tourbe mésique	215–235	225	4.0	6	41.3	82.10	0.80	0.94	0.15	0.24
Oh2	Tourbe humique	235–255	—	4.2	7	—	—	—	—	—	—
Om3	Tourbe mésique	255–285	275	4.5	5	36.5	76.12	1.32	2.81	0.85	0.06
Of4	Tourbe fibrique	285–365	325	4.0–4.5	4	42.5	70.14	1.72	9.36	0.77	0.24
Om4	Tourbe mésique	365–385	—	4.5	6	—	—	—	—	—	—
Of5	Tourbe de laîche	385–515	—	4.5–5.5	4	—	—	—	—	—	—
Oh3	Tourbe de laîche	515–540	—	5.5	7	—	—	—	—	—	—
Oh4	Tourbe sédimentaire	540–615	—	6.5	8	—	—	—	—	—	—
Ah	Mélange de limon et d'humus	615–640	—	6.8	—	—	—	—	—	—	—
C	Limon, sans pierres	640+	—	—	—	—	—	—	—	—	—

bustive inférieure uniforme ou, rarement, une couverture d'herbacées. Certains possèdent dans leur partie centrale une multitude de petits étangs de forme arrondie à légèrement allongée qui ont une superficie individuelle de 0.5 à 5 ha et une profondeur moyenne de 3 m (Couillard et Grondin, 1986). *Chamaedaphne calyculata* est répandu sur les terrains plus mouillés tandis que *Ledum groenlandicum* colonise souvent les endroits un peu plus secs de ces bogs. Les arbustes *Rhododendron canadense* et *Betula populifolia* ont tendance à s'implanter après un incendie.

Les principaux arbustes des bogs bombés comprennent *Aronia melanocarpa, Vaccinium myrtilloides, Vaccinium oxycoccus, Kalmia angustifolia* et *Kalmia polifolia*, auxquels s'ajoutent des spécimens de taille arbustive des espèces *Picea mariana* et *Larix laricina*. Parmi les plantes herbacées, on compte *Eriophorum spissum, Eriophorum angustifolium, Sarracenia pur-*

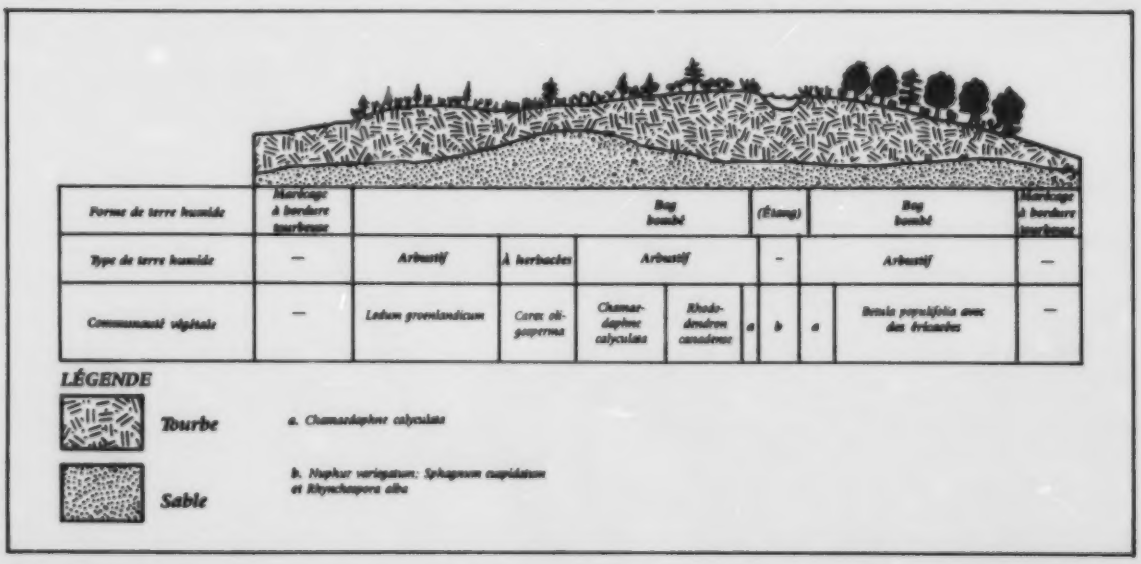


Figure 6–3.
Section transversale d'un bog bombé de la région de terres humides tempérée de l'Est.

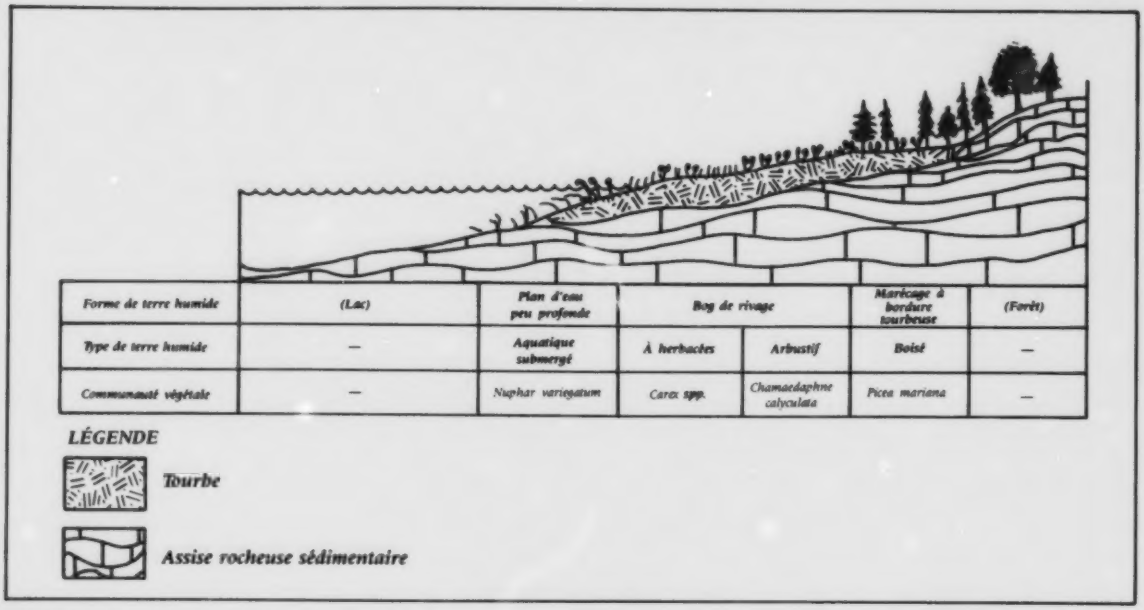


Figure 6–4.
Section transversale d'un bog de rivage de la région de terres humides tempérée de l'Est.

purea et *Drosera rotundifolia*. Trois espèces de mousses, soit *Sphagnum fuscum*, *Sphagnum angustifolium* et *Sphagnum nemoreum*, y sont répandues. Lorsque la strate herbacée est prédominante, *Carex oligosperma*, *Carex stricta*, *Carex paupercula*, *Andromeda glaucophylla*, *Smilacina trifolia*, *Sphagnum fallax* et *Epilobium palustre* constituent généralement les principales espèces.

Les étangs de la partie centrale des bogs bombés de la région tempérée de l'Est abritent des espèces aquatiques, en particulier *Nuphar variegatum*. En bordure des étangs, *Sphagnum cuspidatum* est répandu, *Rhynchospora alba* caractérise la limite séparant ces petits plans d'eau des bogs arbustifs ou herbacés.

Bogs de rivage

Dans la région de terres humides tempérée de l'Est, on trouve en général cette forme de bog le long des rives de petits lacs (de moins de 50 ha), particulièrement sur les terrains onduleux des plateaux appalachiens au Québec et au Nouveau-Brunswick. Tandis que ces terres humides sont alimentées en eau surtout par les précipitations et les petits cours d'eau, la tourbe et la végétation associée sont caractéristiques des bogs pauvres en éléments nutritifs (ombrotrophes). Les bogs de rivage se forment généralement dans les secteurs d'eaux peu profondes (figure 6–4).

Les terrains plus mouillés abritent des espèces herbacées ainsi que des arbustes dans les endroits un peu mieux drainés. On trouve souvent des vestiges de troncs d'arbres à la périphérie des bogs de rivage, ce qui laisse croire que ces terres ont déjà été occupées par des bogs boisés qui se sont transformés en bogs de rivage après l'élevation des nappes phréatiques locales. Cette élévation peut survenir à la suite d'activités humaines comme l'exploitation forestière ou d'activités d'animaux comme le castor (Desgranges et Houde, 1987; Darveau *et al.*, 1987).

Les bogs sont généralement bordés d'épinettes noires ainsi que de *Sphagnum* spp., d'arbustes de la famille des éricacées, de *Nemopanthus mucronata*, et de spécimens de *Larix laricina* de taille arbustive. Les eaux peu profondes associées à ces bogs abritent une végétation submergée et flottante dont *Nuphar variegatum* et *Sparganium fluctuans*.

Formes de fens de la région tempérée de l'Est

Les fens de la région tempérée de l'Est se limitent d'habitude à trois formes de terres humides : les fens qui bordent les cours d'eau (fens de ruisseau et de chenal) et ceux qui se trouvent derrière les barres et le long de rives de lacs (fens de rivage). Des fens horizontaux peuvent aussi se former dans la région tempérée, mais il n'existe aucune description détaillée de ce type dans la littérature. Les fens de ruisseau s'enrichissent périodiquement en éléments nutritifs lors des crues des cours d'eau. Les fens de rivage sont enrichis dans une certaine mesure par les cours d'eau qui s'y déversent, mais il est rare que la terre humide reçoive des éléments nutritifs des eaux lacustres circumneutres. Dans l'est de l'Ontario, des fens moyennement étendus sans configurations superficielles particulières sont drainés lentement et latéralement au cours de la saison de croissance et on y observe de forts écoulements lors du ruissellement printanier et des périodes

de pluies abondantes. Dans l'ensemble, les fens occupent moins de 2 % de la superficie totale des terres humides de la région tempérée de l'Est.

Parmi les fens de la région tempérée de l'Est examinés jusqu'à présent, la nappe phréatique est au niveau de la surface de la tourbe dans les fens de ruisseau, à environ 30 cm au-dessus de cette surface dans les fens de rivage, et à 20 cm au-dessous dans les vastes fens sans configuration de l'est de l'Ontario décrits ci-dessus. Le pH moyen de l'eau de ces fens se situe à 6.1 et varie de 5.8 à 6.8. La tourbe a une épaisseur moyenne de 2.3 m et varie de 1 à 3.5 m, une épaisseur moindre que dans la plupart des bogs.

Les fens de ruisseau sont recouverts d'un étage de graminées modérément hautes, dominees par *Cladium mariscoides*. Les fens de rivage présentent un étage émergent de hauts spécimens de *Typha latifolia* ainsi qu'un étage de graminées moyennement hautes composé de *Calamagrostis canadensis* et de *Cladium mariscoides*. Les vastes fens sans configuration de l'est de l'Ontario ont une végétation très diversifiée (au moins 30 espèces) dont un étage dominant de graminées de l'espèce *Carex lasiocarpa* ainsi que des îlots de *Phragmites communis* et de hautes graminées.

Les mousses brunes dominent souvent la couverture vivante des fens de la région tempérée de l'Est (Huikari, 1952). En général ces fens présentent aussi un couvert d'herbacées, composé d'habitude de *Carex pseudo-cyperus*, de *Carex canescens* et de *Carex lupulina*, surtout dans la région de Montréal (Champagne et Melançon, 1985).

Fens de rivage et de ruisseau

Les fens de rivage se distinguent des marais par une accumulation de tourbe dont l'épaisseur est superieure à 2 m ainsi que par leur emplacement, souvent derrière des cordons littoraux. Ces dernières empêchent les éléments nutritifs des eaux lacustres de pénétrer dans les fens de rivage et protègent ces derniers contre la force destructrice des eaux.

L'étage de graminées domine généralement dans ces fens et les espèces les plus communes sont *Carex lasiocarpa* ou *Cladium mariscoides*. La couverture arbustive est constituée de touffes éparses de *Myrica gale* et de *Salix pedicellaris*. *Thelypteris palustris*, *Menyanthes trifoliata*, *Iris versicolor*, *Calopogon pulchellus* et *Spiranthes romanzoffiana* sont les plantes herbacées et les fougères les plus visibles.

Bien que les graminées constituent en général la végétation dominante des fens de la région tempérée de l'Est, on y rencontre aussi des fens boisés de rivage et de ruisseau. Ils abritent des mélèzes laricins (*Larix laricina*) dont le diamètre à la hauteur de la poitrine ne dépasse pas 10 cm, et la voûte foliacée de l'étage d'arbres est supérieure à 10 %. Les fens boisés de rivage et de ruisseau possèdent un étage d'arbres composé de *Larix laricina* et de *Thuja occidentalis* ainsi qu'un étage arbustif représenté par *Ilex verticillata*, *Cornus stolonifera* et *Betula pumila*. L'étage de graminées est clairsemé. L'étage de fougères et d'herbacées est dominé par *Thelypteris palustris*. Les rares fens boisés de *Larix laricina* (situés surtout dans des endroits enrichis par les eaux de ruissellement des eskers environnants) se distinguent facilement des bogs boisés où domine *Picea mariana*.

Fen de ruisseau, type à graminées : Le fen de la rivière Holland, un fen de ruisseau ouvert à graminées, du côté est de la rivière Holland, à l'extrémité sud du lac Simcoe en Ontario, est représentatif des fens de ruisseau de la région tempérée de l'Est (figure 6–5, a et b).

La végétation consiste en un étage de graminées dont environ 75 % du couvert est formé presque exclusivement de *Cladium mariscoides*. Des touffes éparpillées de l'arbuste *Myrica gale* et de massette (*Typha latifolia*) constituent au total environ 2 % de la couverture. Il y a un certain nombre d'espèces indicatrices de fen comme *Spiranthes romanzoffiana*.

Les couches de limon dans le dépôt de tourbe de laîche de ce fen indiquent que la rivière Holland est sortie périodiquement de son lit à cet endroit, enrichissant la terre humide de minéraux. Cet enrichissement ne s'étend qu'à environ 100 m du bord de la rivière. Ainsi, un bog s'est formé à l'intérieur des terres à partir de cet endroit et la tourbe de *Sphagnum* s'est accumulée pour constituer une couche épaisse de 460 cm. La tourbe de ce fen à ruisseau à graminées a un pH moyen de 6.4 et une épaisseur de 165 cm, soit environ 35 % de celle d'une tourbe sous-jacente à un bog plat de type arbustif inférieur situé immédiatement à l'est. Comme l'indique le tableau 6–3, la tourbe fibrique domine le profil. Comme il n'y a que 30 cm de tourbe modérément décomposée (von Post 4 à 5), le profil de sol organique est classé parmi les fibrisols mésiques. Au moment de l'échantillonnage, la nappe phréatique était au niveau de la surface de la tourbe. Le tableau 6–3 présente aussi l'analyse chimique d'horizons choisis dans le fen de la rivière Holland.

En comparant les tableaux 6–2 et 6–3, on constate que, quoique la tourbe de fen à cet endroit ait une capacité d'échange de cations quelque peu inférieure à celle de la tourbe de *Sphagnum* du bog Luther, le nombre de cations échangeables est considérablement plus élevé dans le fen de la rivière Holland.

Fen de rivage, type à graminées : Un fen de rivage de type à graminées, situé à environ 4 km à l'ouest de Port Royal en Ontario, s'est formé derrière un cordon littoral qui l'isole des eaux du lac Érié riches en éléments nutritifs (minérotrophes), sauf lors de tempêtes. Le fen est enrichi par un petit ruisseau qui y déverse ses eaux. *Typha latifolia* constitue 90 % de la végétation du fen, des touffes éparses de l'arbuste *Cornus stolonifera* représentant environ 2 % du couvert. Quoiqu'on peut considérer *Typha latifolia*, qui croît dans ce fen, comme une espèce plus caractéristique des marais de la région de terres humides tempérée de l'Est, la couche de tourbe du fen, dont l'épaisseur atteint 313 cm, est beaucoup plus profonde que l'accumulation organique dans les marais. La nappe phréatique est à 60 cm au-dessus de la tourbe. Par datation au radiocarbone, on a pu fixer à 3 250 ± 170 ans ANE l'origine d'un échantillon pré-

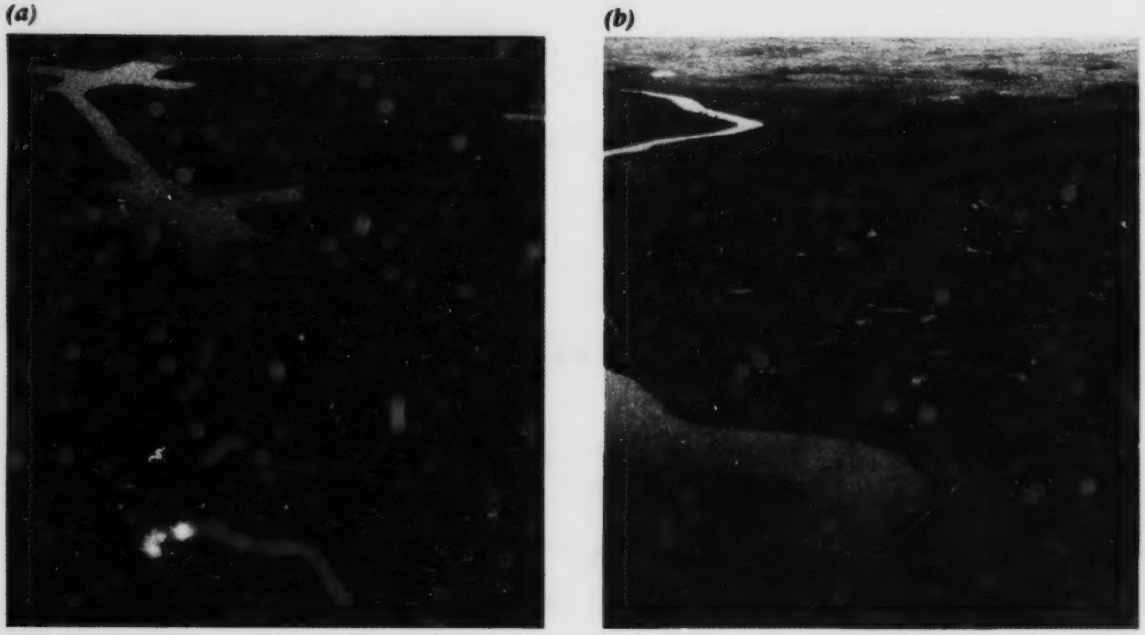


Figure 6–5.
Les terres humides de la rivière Holland près de Simcoe en Ontario couvrent une superficie de 3 200 ha et comprennent un grand complexe de fens actuellement géré pour la faune : (a) exemples de dragage et de drainage, (b) étangs asséchés.

levé près de la base de la tourbe à 310 cm de profondeur. Ainsi, pendant plus de 3 000 ans le cordon littoral a très bien protégé cette terre humide contre la force destructrice des tempêtes.

Le tableau 6–4 présente une description du profil tourbeux de ce fen de rivage du type à graminées, qui possède un mésisol fibrique avec un étage intermédiaire d'environ 80 cm de tourbe mésique et un étage supérieur de 67 cm de tourbe fibrique. Dans son ensemble, le profil contient environ 20 % de tourbe fibrique, 25 % de tourbe mésique et 55 % de tourbe humique. Des strates minérales d'environ 1 cm d'épaisseur se sont formées à trois endroits dans le profil : entre 55 et 58 cm dans l'horizon de tourbe fibrique, entre 153 et 160 cm et entre 180 et 293 cm dans l'horizon de tourbe humique. Ces dépôts inorganiques ont probablement été introduits lors de tempêtes et du côté du fen bordant le lac.

Fens de chenal

Deux exemples de fens de chenal, soit de type à graminées et arbustif/boisé, sont présentés ci-dessous. Les fens de chenal se trouvent le plus souvent dans d'anciens chenaux glaciaires, l'écoulement d'eaux riches en éléments nutritifs ayant été maintenu depuis la glaciation jusqu'à présent dans ces écosystèmes. L'épaisseur type de la tourbe dans ces fens varie de 1 à 2 m.

Type à graminées : Le lac Mud, à environ 30 km au nord-est de Belleville dans l'est de l'Ontario, est un exemple de fen de chenal du type à graminées. L'étage des graminées, qui est la strate dominante de ce fen, représente un couvert végétal de 65 % composé surtout de *Carex lasiocarpa* et de spécimens peu abondants de *Phragmites communis*, de *Carex limosa* et de *Carex chordorrhiza*. Des arbustes de 1.5 à 5 m de

Tableau 6–3. Caractéristiques physiques et chimiques du fen de la rivière Holland en Ontario

Horizon	*Matière*	*Profondeur (cm)*	*Profondeur de l'échantillonnage (cm)*	*Décomposition (von Post)*	*Conductivité (µS/cm)*	*Capacité d'échange de cations (mé/100 g)*	*N total (%)*	*Cations échangeables (mé/100 g)*		
								Ca	*Mg*	*K*
Of1	Graminées	0–10	—	2	—	—	—	—	—	—
Of2	Tourbe de laîche	10–125	30	3	120.5	79.75	2.59	111.78	9.05	0.54
Of2	Tourbe de laîche	10–125	85	3	112.2	77.57	2.57	91.07	8.63	0.13
Om	Tourbe de laîche	135–165	138	4–5	109.5	58.72	1.66	76.91	6.78	0.13
Ah	Limon/humus	165–175	168	—	385.0	12.51	0.06	22.64	1.23	0.17
C	Limon	175+	—	—	—	—	—	—	—	—

Tableau 6–4. Profil de la tourbe d'un fen de rivage à Port Royal en Ontario

Horizon	*Matière*	*Profondeur (cm)*	*Décomposition (von Post)*	*pH du relevé*
Of	Tourbe de laîche fibrique	0–67	4	6.1
Om	Tourbe de laîche mésique	67–147	6	5.6
Oh	Tourbe de laîche humique	147–313	8	5.6
Cg	Sable gléyifié	313+	—	6.8

haut représentent environ 5% du couvert total, *Thuja occidentalis* est l'espèce dominante. Cet arbuste atteint aussi une taille de 0.2 à 0.5 m et forme, en association avec *Myrica gale* et *Betula pumila*, 17 % du couvert à cette hauteur. La strate des herbacées constitue un couvert de 30 % et comprend surtout *Thelypteris palustris* et *Menyanthes trifoliata*. *Osmunda regalis*, *Iris versicolor*, *Habenaria lacera* et *Calopogon pulchellus* croissent aussi dans ce milieu.

Dans ce fen, l'épaisseur de la tourbe atteint 330 cm, le pH de l'eau du sol est 5.8 et la nappe phréatique a été observée à environ 10 cm sous la surface de la tourbe. Sur le plan de la microtopographie, 80 % de la surface du fen est occupé par des buttes basses s'élevant à une dizaine de centimetres au-dessus de dépressions qui couvrent l'autre 20% de la superficie. Le tableau 6–5 résume le profil d'un fibrisol typique dans ce fen de chenal du type à graminées. Dans le profil pris globalement, environ 57 % de la matière organique est de la tourbe fibrique, 43 %, de la tourbe mésique et 20 % du profil comprend de la tourbe ligneuse. Il y a donc indication de l'existence antérieure d'un fen arbustif inférieur de chenal sur ce terrain au cours des premiers stades de son évolution.

Type arbustif/boisé : Dans un fen de chenal, de type arbustif/boisé situé à environ 150 km au sud-ouest du lac Mud en Ontario, l'épaisseur de la tourbe atteint 330 cm. Le pH de l'eau de la tourbe est 6 et la nappe phréatique se trouve, en moyenne, à 5 cm sous la surface de la tourbe. La microtopographie locale se compose à peu près également de buttes basses et de dépressions où la nappe phréatique est généralement au niveau de la surface de la tourbe. Les buttes ne s'élevent qu'à 10 cm au-dessus des dépressions. Le tableau 6–6 résume le profil d'un fibrisol typique pour ce fen de chenal, les trois couches de tourbe étant composés de tourbe fibrique. Cette dernière forme 85 % du profil global, l'autre 15 % étant de la tourbe mésique.

Ce fen semble s'être formé dans un bassin lacustre qui est devenu un lac marneux au dernier stade de son évolution. Après l'assèchement total ou partiel du lac, un fen a occupé ce terrain où la tourbe de laîche s'est accumulée dans l'horizon Of6. Les horizons Of2, Of4 et Om sont en majeure partie de la tourbe de *Sphagnum* qui s'est probablement amassée au cours de périodes où l'évacuation des eaux dans le fen était entravée. Comme les deux horizons supérieurs de ce fen sont formés surtout de mousse de *Sphagnum*, il est possible que ce terrain se transforme ultérieurement en bog.

L'étage d'arbres de ce fen de chenal de type arbustif/boisé représente 35 % de la couverture totale et abrite *Larix laricina* et *Thuja occidentalis* ainsi qu'*Acer rubrum* et *Fraxinus pennsylvanica*. L'étage arbustif, qui forme 25 % du couvert, est composé de *Betula pumila* (dans la classe de hauteur de 1.5 à 5 m), *Ilex verticillata* et *Cornus stolonifera*. L'étage de graminées constitue 9 % du couvert et comprend *Phragmites communis*, *Carex aquatilis* et *Carex leptalea*. Les plantes herbacées représentent 28 % du couvert; *Thelypteris palustris* prédomine, mais il y a aussi un nombre réduit de spécimens de *Solidago rugosa*, de *Rubus pubescens* et d'*Iris versicolor* en plus de *Galium labradoricum*. La couverture vivante est formée d'environ 50 % de *Sphagnum* spp. et de 40 % de mousses brunes.

Tableau 6–5. Profil de la tourbe d'un fen de chenal à graminées au lac Mud en Ontario

Horizon	*Matière*	*Profondeur (cm)*	*Décomposition (von Post)*
Of1	Tourbe de laîche avec 40 % de tourbe de *Sphagnum*	0–60	3
Of2	Tourbe de laîche avec 10–30 % de tourbe de *Sphagnum*	60–120	3
Of3	Tourbe de laîche avec 10–30 % de tourbe de *Sphagnum*	120–160	4
Of4	Tourbe ligneuse avec 30 % de tourbe de laîche et 20 % de tourbe de *Sphagnum*	160–190	4
Om1	Tourbe ligneuse avec 10 % de tourbe de laîche et 10 % de tourbe de *Sphagnum*	190–225	5
Om2	Tourbe de laîche avec 20 % de tourbe ligneuse et 20 % de tourbe de *Sphagnum*	225–330	5

Tableau 6–6. Profil de la tourbe dans un fen de chenal arbustif/boisé au lac Mud en Ontario

Horizon	*Matière*	*Profondeur (cm)*	*Décomposition (von Post)*
Of1	Mousses vivantes et mortes	0–20	2
Of2	Tourbe de *Sphagnum* avec 30 % de laîches et 10 % de matières ligneuses	20–60	3
Of3	Tourbe de laîche avec 10 % de *Sphagnum* et 10 % de matières ligneuses	60–120	3
Of4	Tourbe de *Sphagnum* avec 30 % de laîche et 20 % de matières ligneuses	120–210	4
Of5	Tourbe de laîche avec 30 % de *Sphagnum* et 10 % de matières ligneuses	210–250	4
Om	Tourbe de *Sphagnum* avec 30 % de tourbe de laîche	250–300	5
Of6	Tourbe de laîche avec 40 % de tourbe de *Sphagnum*	300–330	4
Oh1	Marne et tourbe sédimentaire	330–340	—
Oh2	Marne	340–350	—
C	Limon	350+	—

Formes de marécages de la région de terres humides tempérée de l'Est

Les marécages constituent la classe de terre humide la plus répandue dans les secteurs de la région tempérée de l'Est qui se trouvent dans le sud de l'Ontario (Glooschenko *et al.*, 1987a). Les marécages sont des terres humides boisées où des eaux stagnantes à lentes se manifestent de façon saisonnière ou persistent pendant de longues périodes à la surface du sol. On y observe souvent une abondance de mares et de chenaux, indicateurs de l'écoulement souterrain des eaux. En général, le substrat est toujours mouillé. Soumises à l'analyse chimique, les eaux varient de neutres a modérément acides, et l'oxygène et les éléments nutritifs leur font rarement défaut. Le couvert végétal des marécages est généralement constitué de conifères ou de feuillus, d'arbustes supérieurs, de plantes herbacées et de mousses. Toutefois il est fréquent que la végétation actuelle reflète des perturbations dues à l'exploitation forestière ou agricole. De nombreux marécages sourceux sont inondés par les crues printanières, d'anciennes mares asséchées apparaissant plus tard au cours de la saison. En général, il n'y a pas d'accumulation importante de tourbe. Les marécages à bordure tourbeuse et les marécages de bassin contiennent des sols organiques tandis que les sols minéraux peuvent prédominer dans les marécages de rivage.

Les marécages peuvent être du type boisé, à feuillus ou à conifères de taille exploitable, ou du type arbustif/boisé ("de bosquet"). Les bosquets sont caractérisés par une végétation dense d'arbustes supérieurs dont les saules (*Salix* spp.), les cornouillers (*Cornus* spp.), *Spiraea* spp. et les aulnes (*Alnus* spp.). Les marécages boisés et arbustifs/boisés partagent une même hydrochimie et des niveaux d'eau caractéristiques. Les érables rouge et à sucre, l'orme et le frêne noir figurent parmi les meilleurs indicateurs de marécages boisés à feuillus, tandis que le thuya occidental, le mélèze laricin et l'épinette noire jouent ce même rôle pour les marécages boisés de conifères. L'analyse des données multispectrales de LANDSAT montre que les marécages boisés sont faciles à identifier et qu'ils se distinguent des forêts de bas-plateaux qui n'abritent pas d'eaux stagnantes (Pala et Boissonneau, 1985; Guimond *et al.*, 1985).

La végétation des marécages boisés de feuillus, comme le marécage Beverly près de Hamilton en Ontario (figure 6–6), est dominée par des érables et des frênes (*Acer rubrum, Acer saccharinum, Fraxinus nigra* ou *Fraxinus pennsylvanica*) ou des ormes et des frênes (*Ulmus americana*, d'habitude en association avec *Fraxinus nigra*). Par suite des ravages causés par la maladie hollandaise de l'orme dans les marécages d'ormes et de frênes, il n'existe pas à l'heure actuelle de terrains non perturbés en Ontario, qui pourraient servir d'exemple pour cette forme de marécage. *Thuja occidentalis, Larix laricina* et *Pinus strobus* constituent les principales espèces des marécages boisés de conifères.

Étant donné que l'étage d'arbres des marécages recouvre ces milieux d'une ombre épaisse, le couvert végétal inférieur y est pauvre. La végétation inférieure des marécages boisés de feuillus est généralement constituée des espèces arbustives *Ilex verticillata* et *Alnus rugosa*, des fougères *Onoclea sensibilis* et *Osmunda regalis*, et des plantes herbacées *Bidens* spp., *Impatiens biflora, Eupatorium perfoliatum* et *Lobelia cardinalis*. Dans les marécages boisés de conifères, la végétation inférieure est souvent composée de *Sambucus racemosa*, de la liane *Parthenocissus vitacea* ainsi que des plantes herbacées *Solanum dulcamara* et *Maianthemum canadense*.

Bien que ces marécages ne soient pas nécessairement inondés en été, la présence de la lenticule mineure (*Lemna minor*), qui couvre une grande partie du sol, indique l'existence d'eaux stagnantes au printemps.

Figure 6–6.
*Le marécage Beverly, qui constitue l'une des plus grandes forêts marécageuses de l'Ontario, est caractérisé par des biotes caroliniens et boréaux. L'érable argenté (*Acer saccharinum*) et le souci d'eau (*Caltha palustris*) y sont répandus.*

Pala et Boissonneau (1985) ont relevé le pH et l'épaisseur des matériaux organiques dans les marécages boisés de feuillus ou de conifères. Le pH moyen de l'eau dans la tourbe est 6.5 avec une fourchette de 5.3 à 6.8 dans 24 marécages boisés de feuillus en Ontario. Les matériaux organiques atteignent une profondeur moyenne de 1 m avec une fourchette de 0.2 à 2.3 m. Ils ont aussi noté que, dans les marécages où la végétation était dominée par les érables rouges et argentés, la nappe phréatique se trouvait, au moment de l'échantillonnage, à la surface du sol ou près de celle-ci. Toutefois, au cours d'une année de sécheresse ultérieure, il a été impossible de mesurer sur le terrain la nappe phréatique de ces marécages en raison de sa profondeur excessive. Les auteurs ont remarqué que les valeurs moyennes de pH relevées dans les marécages boisés de conifères où le thuya constituait l'espèce végétale dominante étaient à peu près semblables à celles observées dans les marécages à feuillus dominés par l'érable (6.4) tandis que l'épaisseur moyenne de la tourbe était supérieure (1.7 m). Selon les auteurs, les deux types de marécages présentent une différence : le pourcentage élevé de matériaux ligneux bruts dans le profil organique des marécages boisés de conifères et les matériaux organiques modérément bien décomposés des marécages boisés de feuillus.

On présente ci-dessous des exemples de formes de marécages qui représentent collectivement les types les plus répandus dans la région de terres humides tempérée de l'Est. Ces milieux comprennent le marécage à bordure tourbeuse, le marécage de bassin, le marécage de ruisseau, le marécage de rivage et le marécage sourceux.

Marécages à bordure tourbeuse

Cette forme de terre humide est très répandue dans toute la région tempérée de l'Est, particulièrement dans le sud-ouest du Québec. La superficie des marécages à bordure tourbeuse varie de 20 à 500 m² et la couche de tourbe, de 1 à 3 m d'épaisseur (figure 6–7). La profondeur et la fluctuation saisonnière de la nappe phréatique ainsi que la densité du couvert arborescent dans ces terres humides déterminent la diversité des plantes qui s'y trouvent.

On trouve généralement sur les terrains les plus pauvres, où la nappe phréatique est profonde et le couvert d'arbres très dense, *Pleurozium schreberi*, *Sphagnum girgensohnii*, *Dicranum* spp. et diverses plantes acidophiles telles *Aralia nudicaulis*, *Coptis groenlandica* et *Maianthemum canadense*. Sur les terrains plus riches mais mal drainés on peut trouver des espèces comme *Ilex verticillata*, *Nemopanthus mucronata*, *Alnus rugosa*, *Osmunda cinnamomea*, *Onoclea sensibilis*, *Rubus pubescens*, *Arisaema atrorubens*, *Carex brunnescens*, *Carex canescens*, *Carex crinita*, *Carex trisperma*, *Dryopteris cristata*, *Dryopteris thelypteris*, *Eupatorium maculatum*, *Eupatorium rugosum*, *Galium palustre*, *Impatiens capensis*, *Impatiens biflora*, *Iris versicolor*, *Lycopus uniflorus*, *Solanum dulcamara*, *Rumex verticillatus*, *Scutellaria lateriflora* et *Sium suave*.

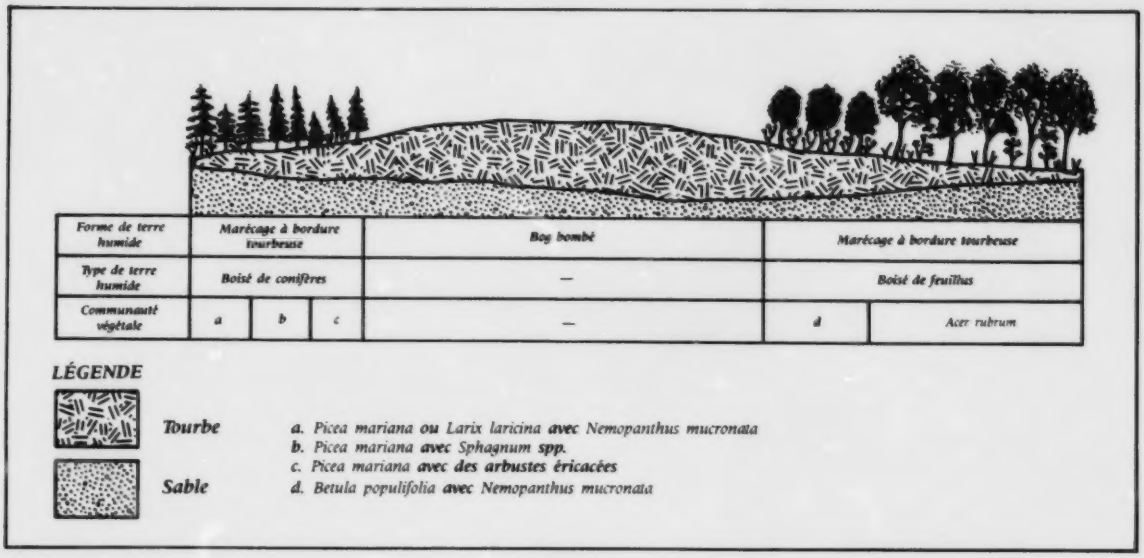


Figure 6–7.
Section transversale d'un marécage à bordure tourbeuse de la région de terres humides tempérée de l'Est.

Marécages de bassin

Il existe peu de données sur les marécages de bassin qui possèdent des caractéristiques semblables à celles des marécages de ruisseau en ce qui concerne l'épaisseur et le degré de décomposition de la tourbe ainsi que le genre de végétation (figure 6–10). Le pH de cette terre humide dépasse rarement 5, les valeurs de calcium échangeable y sont inférieures à 10 mé/100 g et elle renferme une tourbe de sphaigne et d'éricacées. Le tableau 6–7 présente les résultats de l'analyse détaillée d'un marécage de bassin typique.

En plus de l'épinette noire, ces terrains abritent des arbustes dont *Kalmia angustifolia, Ledum groenlandicum, Chamaedaphne calyculata, Vaccinium angustifolium* et *Vaccinium oxycoccus*. L'étage herbacé peut être composée de *Rubus chamaemorus, Smilacina trifolia, Eriophorum spissum, Drosera rotundifolia* et diverses espèces acidophiles (comme *Maianthemum canadense*). Les mousses comprennent *Sphagnum nemoreum, Sphagnum angustifolium, Sphagnum robustum, Sphagnum fallax* et *Sphagnum girgensohnii*.

Marécages de ruisseau

Cette forme de terre humide n'est courante que dans la partie des plateaux appalachiens de la région tempérée de l'Est. Les marécages de ruisseau se forment dans les dépressions mal drainées et en bordure des lacs et sont traversés par des ruisseaux ou de petits cours d'eau saisonniers (figure 6–8). Ils sont caractérisés par une couche mince (de 1 à 4 m) de tourbe mésique mal drainée et la profondeur de la nappe phréatique varie considérablement de 0 à 80 cm. Les marécages de ruisseau sont enrichis annuellement par les hautes eaux saisonnières des réseaux lacustres ou de cours d'eau auxquels ils sont associés.

Le tableau 6–8 présente les résultats d'analyses chimiques d'un marécage de ruisseau typique. On a relevé dans un terrain humide situé au Québec des valeurs de pH en surface généralement supérieures à 5.4 ainsi que des teneurs élevées en calcium (Blanchet, 1982).

Les marécages de ruisseau se distinguent généralement par la présence de thuyas (*Thuja occidentalis*). D'autres espèces d'arbres dominantes sont *Fraxinus nigra, Abies balsamea, Populus balsamifera* et *Acer rubrum*. Parmi les arbustes, on peut trouver *Rhamnus alnifolia, Alnus rugosa, Kalmia angustifolia, Ledum groenlandicum, Myrica gale, Acer spicatum* et *Lonicera canadensis*. De nombreuses plantes herbacées dont *Smilacina trifolia, Mitella nuda* et *Viola* spp. ainsi que des mousses comme *Rhytidiadelphus triquetrus, Sphagnum warnstorfii, Mnium punctatum* et *Hylocomium splendens* croissent également dans ce milieu.

Les peuplements de thuyas qui garnissent les marécages de ruisseau représentent souvent une valeur commerciale pour l'exploitation forestière. Cependant, on ignore à peu près tout de la capacité de régénération forestière de ces terrains après la coupe. En général, les espèces qui recolonisent le plus rapidement ces marécages où dominent les thuyas croissent dans les secteurs plus secs tandis que les endroits plus humides accueillent des espèces comme *Cornus stolonifera*.

Marécages de rivage

La région de terres humides tempérée de l'Est comporte une multitude de voies navigables et de lacs importants, dont trois des Grands Lacs (les lacs Huron, Érié et Ontario) ainsi que plusieurs cours d'eau majeurs (le fleuve Saint-Laurent, les rivières

Tableau 6–7. Propriétés physiques et chimiques de la tourbe d'un marécage de bassin boisé de Picea mariana dans le sud du Québec

Horizon	Profondeur (cm)	pH (eau)	Matière organique (%)	N total (%)	Saturation totale de la base (%)	Capacité d'échange de cations (mé/100 g)	Cations échangeables (mé/100 g)				P (ppm)
							Ca	Mg	K	Na	
L/F	0–5	3.7	83	0.79	7	150	5.8	3.5	0.9	0.22	32
H	5–6	3.6	97	1.32	9	158	10.5	3.1	0.4	0.16	11
Of	6–23	4.0	100	1.08	9	146	10.5	3.1	0.4	0.13	3
Om1	24–41	4.1	100	1.72	10	175	15.5	3.3	0.1	0.16	1
Om2	42–70	4.3	100	1.64	14	85	15.5	2.4	0.2	0.17	1

Source : Doyon (1975).

Richelieu et des Outaouais), qui sont souvent bordés de marécages de rivage. Les régimes de ces réseaux hydrographiques ont un cycle saisonnier de niveaux caractérisé par des inondations au printemps et un abaissement estival des eaux. Les rives de ces réseaux sont souvent bordés de marécages couverts d'une végétation où domine l'érable argenté (*Acer saccharinum*). Dans ces marécages, la séquence riveraine typique comporte trois zones de végétation : (a) une d'érables argentés et de *Matteuccia struthiopteris* sur les terrains plus élevés et plus secs; (b) une d'érables argentés et de *Laportea canadensis* au milieu des pentes et (c) une d'érables argentés et d'*Onoclea sensibilis* sur les terrains les plus mouillés près de la nappe phréatique.

Les inondations annuelles de marécages de rivage peuvent varier considérablement en importance. Le long du fleuve Saint-Laurent, les zones marécageuses à érable argenté–*Laportea canadensis* ont été inondées en moyenne 31 jours par an de 1972 à 1976, mais seulement 12 jours par an de 1980 à 1984. De même, les zones marécageuses à érable argenté–*Onoclea sensibilis* ont été inondées en moyenne 105 jours par an de 1972 à 1976 et 31 jours par an de 1980 à 1984, ce qui indique des conditions beaucoup plus humides. Quand les périodes d'inondation dépassent un seuil critique, les marécages subissent des contraintes qui peuvent conduire à leur modification ou leur disparition. Par exemple, Couillard *et al.* (1985) ont montré qu'une inondation de plus de 63 jours après le début

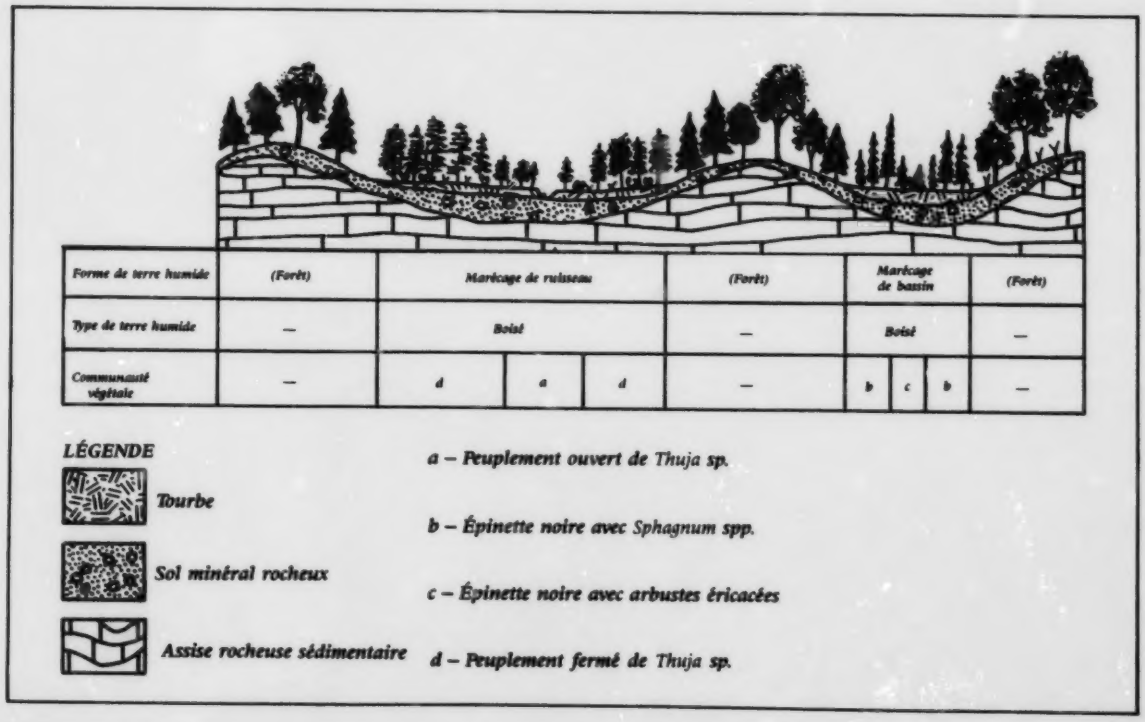


Figure 6–8.
Section transversale d'un marécage de ruisseau et d'un marécage de bassin de la région de terres humides tempérée de l'Est.

Tableau 6–8. Propriétés physiques et chimiques de la tourbe dans un marécage de ruisseau boisé de* Thuja occidentalis *dans le sud du Québec

Horizon	Profondeur (cm)	pH (eau)	C organique (%)	N total (%)	Saturation totale de la base (%)	Capacité d'échange de cations (mé/100 g)	Cations échangeables (mé/100 g)				P (ppm)
							Ca	Mg	K	Na	
Om1	5	5.4	47.9	1.52	72.0	123.7	76.5	9.7	1.6	1.3	100
Om2	12	5.9	44.0	1.79	70.6	176.9	113.0	10.0	0.6	1.3	70
Om3	22	5.9	47.1	1.80	68.9	170.2	105.7	10.1	0.2	1.3	40
Om4	45	6.0	46.2	1.62	71.5	175.0	113.0	10.9	0.2	1.1	40
Om5	60	5.4	45.0	1.20	54.6	130.5	65.0	4.9	0.2	1.2	10

Source : Blanchet (1982).

de la saison de croissance dans les marécages (le 27 juin dans la région de Montréal) entraîne la détérioration ou la destruction des écosystèmes de ces terres humides. Ce phénomène a été observé au lac Saint-Louis dans le cours supérieur du Saint-Laurent, des exemples précis ayant été décrits par Couillard *et al.* (1985) pour les années de crues exceptionnellement élevées pendant la période de 1972–1976.

La flore des marécages de rivage bordant les principales voies de navigation est très diversifiée, plus de 100 espèces ayant été répertoriées dont de nombreux arbustes (comme *Cornus alternifolia, Cornus rugosa, Rhamnus frangula, Rhus radicans, Vitis riparia* et *Salix* spp.) et plantes herbacées. Cependant, la végétation caractéristique des marécages de rivage bordant des petites rivières est très différente (figure 6–9). Comme les niveaux et la fréquence des inondations sont généralement très inférieurs, les caractéristiques physiques et chimiques des sols de ces terrains et donc leur flore diffèrent de celles des marécages bordant d'importantes voies d'eau. Les ormes et les frênes sont des essences courantes qu'on retrouve en association avec des arbustes dont *Alnus rugosa, Prunus virginiana, Cornus alternifolia, Acer spicatum, Acer negundo, Corylus cornuta* et *Matteuccia struthiopteris*. La végétation herbacée est très diversifiée et les mousses (*Climacium dendroides, Hypnum lindbergii* et *Mnium punctatum*) sont répandues. Il semble que sur ces terrains l'orme cède graduellement la place au peuplier baumier et à l'érable rouge par suite des ravages de la malade hollandaise de l'orme.

Les tableaux 6–9 et 6–10 présentent respectivement les résultats d'analyses physiques et chimiques effectuées dans un marécage de rivage où domine

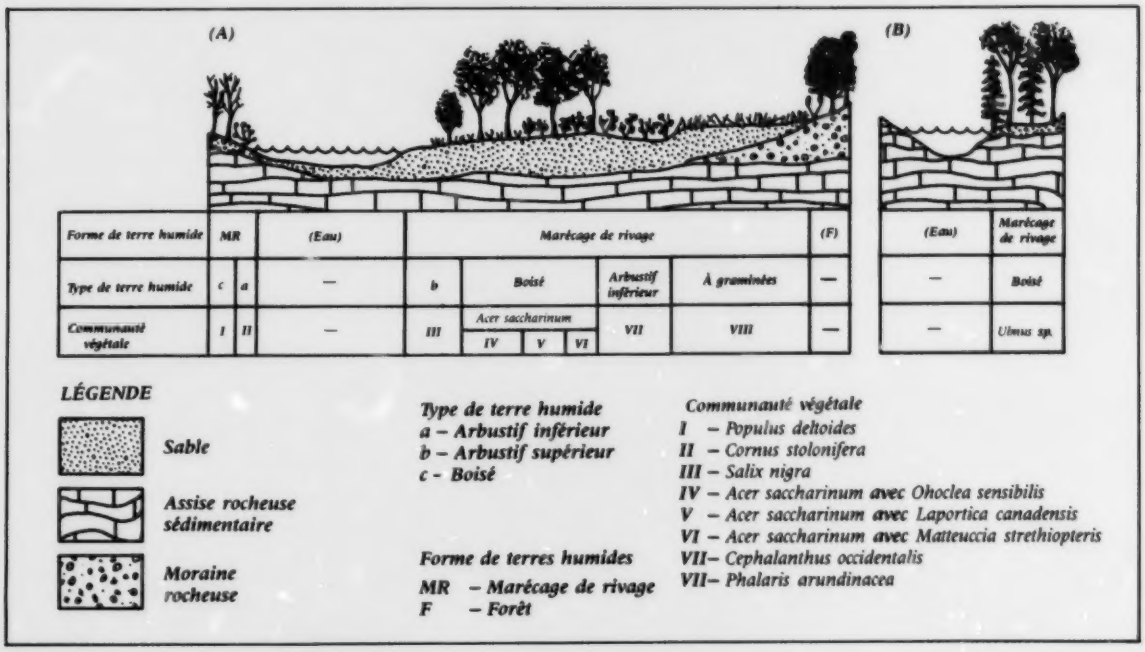


Figure 6–9.

Section transversale de marécages de rivage de la région de terres humides tempérée de l'Est — (A) en bordure de cours d'eau importants comme le fleuve Saint-Laurent et la rivière des Outaouais, et (B) en bordure de rivières et de ruisseaux mineurs.

Acer saccharinum et qui borde une voie navigable majeure au niveau des îles de Berthier-Sorel dans le lac Saint-Pierre au Québec, ainsi que dans un marécage de rivage dominé par *Fraxinus nigra* et qui borde une petite rivière du comté de Lévis au Québec.

Marécages sourceux

Bien que les résultats de transects tracés à travers des marécages sourceux de la région de terres humides tempérée de l'Est soient fragmentaires, il est probable qu'un grand nombre de ces marécages possèdent des bassins et des aires d'émergence qui sont mal définis topographiquement ainsi qu'une multitude d'îles morainiques où croissent des forêts de bas-plateaux. Deux exemples de cette forme de terre humide sont décrites ci-dessous.

Le type à feuillus : le marécage Puslinch, une terre humide à feuillus où domine l'association érable

Tableau 6–9. Propriétés physiques et chimiques de la tourbe dans un marécage de rivage dans les îles de Berthier-Sorel au lac Saint Pierre au Québec

Zone de végétation	Humidité	Matière organique (%)	pH (sol)	Texture du sol			Cations échangeables (mé/100 g)			P (ppm)
				Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Ca	Mg	K	
Acer saccharinum/Rorippa amphibia	Très mouillé	6.1	5.5	30.4	26.4	43.2	4.7	1.3	0.2	66.7
Acer saccharinum/Onoclea sensibilis	Mouillé	2.7	6.2	23.6	30.0	46.4	5.2	1.0	0.2	105.9
		4.8	6.4	23.6	30.0	46.4	7.8	1.6	0.2	63.3
		8.2	5.3	31.2	24.8	44.0	5.6	1.6	0.2	37.6
Acer saccharinum/Laportea canadensis	Humidité moyenne	5.6	6.5	20.0	28.4	49.6	7.8	1.6	0.2	56.8
		3.9	5.7	23.6	28.0	48.4	5.7	1.6	0.1	37.5
		3.6	6.0	31.2	24.4	44.4	5.7	1.4	0.1	77.9
		4.6	5.7	27.2	30.4	42.4	5.1	1.2	0.2	64.2
Acer saccharinum/Matteuccia struthiopteris	Sec	5.4	5.0	22.0	32.4	45.6	5.0	1.1	0.2	34.0
		3.5	6.2	26.8	26.8	46.4	6.2	1.3	0.2	101.3

Source : Adapté de Tessier *et al.* (1981).

Tableau 6–10. Propriétés physiques et chimiques d'un sol régosolique gléyifié d'un marécage de rivage boisé de Fraxinus nigra en bordure d'une petite rivière du comté de Lévis au Québec

Caractéristiques du sol	Horizon		
	Ah	Cg1	Cg2
Texture du sol			
Argile (%)	18.0	26.4	55.6
Limon (%)	12.0	20.4	67.6
Sable (%)	17.2	33.0	49.0
N total (%)	0.25	0.09	0.06
pH (sol)	5.7	5.2	5.3
Matière organique (%)	5.8	0.9	1.0
Saturation totale de la base (%)	56	32	25
Capacité d'échange de cations (mé/100 g)	11	6	5
Cations échangeables (mé/100 g)			
Ca	5.50	1.50	1.00
Mg	0.80	0.30	0.30
K	0.17	0.02	0.02
Na	0.03	0.03	0.04
P (ppm)	22	12	15

Source : Doyon (1975).

rouge–érable argenté et le frêne noir (figure 6–10), à 15 km au sud de Guelph en Ontario, a été décrit par Dale et Hoffman (1967). La végétation du marécage Puslinch comprend un étage d'arbres composé d'*Acer rubrum*, de *Fraxinus nigra*, de *Betula papyrifera* et de *Thuja occidentalis*, ainsi qu'un étage arbustif de *Cornus stolonifera* associé aux lianes de l'espèce *Parthenocissus vitacea*. L'étage herbacé comprend *Cicuta maculata*, *Eupatorium perfoliatum*, *Aralia nudicaulis*, *Impatiens biflora*, *Iris versicolor* et *Solanum dulcamara*.

L'épaisseur totale de la tourbe est de 170 cm, la valeur du pH de l'eau dans la tourbe est de 6.5 et le sol de ce terrain est un fibrisol mésique. Dans l'ensemble du profil du sol, 55 % des matériaux tourbeux sont de nature fibrique, 40 % de nature mésique et 5 % de nature humique. Le tableau 6–11 présente les résultats d'un examen du profil du marécage Puslinch. L'horizon superficiel Oml est typique des marécages de ruisseau de la région tempérée de l'Est en raison de son matériel organique plutôt bien décomposé qui s'est agrégé en particules très cohésives. Cette agrégation pourrait être le résultat d'une alternance répétée de conditions humides et sèches dans cet horizon de surface. À cause de la cohésion de ces particules organiques, on n'a pas utilisé pour cet horizon les classes de décomposition de von Post. Les horizons Of1, Om2 et Of2 possèdent une tourbe ligneuse qui varie de fibrique à mésique (classe de décomposition

Figure 6–10.
Les terres humides du lac South Puslinch en Ontario sont typiques du marécage sourceux boisé qui abrite des espèces comme Fraxinus nigra *et* Acer saccharinum.

von Post de 3 à 5), tandis que les horizons Of3 et Om3 sont formés de tourbe de laîche et leur degré de décomposition augmente avec la profondeur. L'horizon Om4 est décrit comme une couche de tourbe humique sédimentaire contenant des coquillages et reposant sur une marne avec coquillages, une marne simple et, enfin, du sable limoneux. La séquence d'évolution proposée pour ce profil débute par la formation d'un étang postglacial qui s'est transformé ulterieurement en étang marneux. Les horizons Oh2, Oh1 et Om4 indiquent une diminution progressive de la profondeur de l'étang ce qui a entraîné l'établissement d'une faune benthique et d'une végétation submergée. Ensuite, il s'y est formé un fen à graminées dans lequel le matériel organique des horizons Om3 et Of3 s'est accumulé. Ultérieurement, un marécage sourceux boisé s'est établi à cet endroit et des horizons de tourbe ligneuse se sont accumulés à une certaine époque après l'abaissement de la nappe phréatique du fen sous la surface de la tourbe.

Le tableau 6–11 présente les résultats de l'analyse chimique d'horizons de sol choisis dans le marécage Puslinch. Ces données indiquent que les trois horizons de tourbe supérieurs du marécage ont été enrichis par les éléments nutritifs apportés par des ruissellements assez récents des bas-plateaux adjacents à sol minéral. Ce phénomène est reflété par les niveaux relativement élevés de capacité d'échange de cations ainsi que de Ca, de magnésium (Mg) et de potassium (K) échangeables. Bien qu'on puisse s'attendre à ce que la tourbe sédimentaire sous-jacente soit riche en éléments nutritifs, les réserves d'éléments nutritifs ont probablement été épuisées au cours des premières étapes de la succession végétale à cet endroit.

Type à conifères : On a échantillonné en Ontario les horizons de tourbe de divers marécages boisés où domine le thuya. L'analyse chimique indique une grande variation dans les valeurs des paramètres de ces marécages. Un marécage des environs de Cavan en Ontario (le "marécage Cavan") représente le marécage sourceux typique (tableau 6–12). La végétation comprend un étage d'arbres où domine *Thuja occidentalis* associé à une certaine quantité de *Picea mariana*. La présence de *Coptis trifolia*, *Linnaea borealis* et *Clintonia borealis* indique les affinités boréales de cet écosystème de marécage sourceux.

L'horizon organique de surface du marécage Cavan est semblable à celui identifié dans le marécage sourceux à feuillus traité à la section précédente. La tourbe atteint 120 cm d'épaisseur. La stratigraphie de ce profil indique la même transformation que celle du marécage Puslinch, c'est-à-dire d'étang marneux en fen en marécage.

Tableau 6–11. Caractéristiques physiques et chimiques d'un marécage sourceux du canton de Puslinch en Ontario

Horizon	*Matière*	*Profondeur (cm)*	*Décomposition (von Post)*	*pH (tourbe)*	*Conductivité (µS/cm)*	*Capacité d'échange de cations (mé/100 g)*	*N total (%)*	*Cations échangeables (mé/100 g)*		
								Ca	*Mg*	*K*
Om1	Matières organiques granuleuses	0–15	—	6.4	218	62.85	1.61	100.90	19.74	0.77
Of1	Tourbe ligneuse	15–27	3–4	6.4	281	66.99	1.99	93.80	21.96	0.12
Om2	Tourbe ligneuse	27–65	5	6.4	—	—	—	—	—	—
Of2	Tourbe ligneuse	65–120	4	6.4	212	58.94	2.50	100.00	25.66	0.11
Of3	Tourbe de laîche	120–135	3	6.4	—	—	—	—	—	—
Om3	Tourbe de laîche	135–165	5	—	—	—	—	—	—	—
Om4	Tourbe sédimentaire qui comporte des coquillages	165–170	6	—	515	39.09	1.47	63.62	14.06	0.20
Oh1	Marne qui comporte des coquillages	170–190	—	6.8	—	—	—	—	—	—
Oh2	Marne	190–225	—	—	—	—	—	—	—	—
C	Sable limoneux	225+	—	—	580	17.40	0.93	38.17	6.41	0.20

Le tableau 6–13 résume les valeurs chimiques moyennes des divers marécages boisés à thuya examinés dans la région de terres humides tempérée de l'Est. On remarquera que les niveaux de capacité d'échange de cations et de Ca échangeable sont un peu plus élevés que ceux observés dans les horizons semblables du marécage Puslinch. Il faudra peut-être surveiller l'enrichissement en éléments nutritifs des marécages boisés de feuillus et de conifères au cours d'une période prolongée afin de pouvoir décrire adéquatement les ruissellements plus fréquents et persistants qui alimentent les marécages.

On a étudié dans le township de Puslinch en Ontario un exemple de marécage sourceux boisé de conifères où dominent *Larix laricina* et *Pinus strobus* (le mélèze laricin et le pin blanc). La tourbe a 740 cm d'épaisseur. La tourbe superficielle est composée de *Sphagnum* spp. et le terrain est très onduleux. Ce marécage semble pauvre en éléments nutritifs. Si *Sphagnum* spp. continue à s'accumuler sur ce terrain, le marécage pourrait se transformer en écosystème de bog ouvert ou boisé. Bien que la stratigraphie soit quelque peu variable (tableau 6–14), le résumé de profil donné ici est assez représentatif de la succession et des épaisseurs de dépôts de matière organique dans les marécages sourceux. La faible valeur du pH de l'horizon tourbeux supérieur indique une tendance d'évolution vers le bog.

Le sol de ce profil a été classé parmi les fibrisols mésiques. Dans l'ensemble du profil, la tourbe fibrique constitue environ 70 % de la matière, la tourbe mésique, 12 %, et la tourbe humique, 18 %. Le profil indique la séquence évolutive habituelle de dépôt de tourbe sédimentaire au fond d'une petite dépression, au dépôt tourbeux dans un fen pour aboutir à l'accumulation de tourbe dans un marécage boisé (tableau 6–14). Les niveaux de capacité d'échange de cations et de Ca et Mg échangeables dans ce terrain sont très inférieurs à ceux observés dans des horizons semblables à l'intérieur de marécages sourceux où dominent l'érable et le thuya. Ainsi, ce marécage occupe-t-il l'extrémité inférieure du gradient de productivité des formes de terres humides marécageuses.

L'étage d'arbres de ce marécage, dominé par *Larix laricina* associé à une certaine quantité de *Pinus strobus*, représente une couverture totale d'environ 40 %. Un étage arbustif dense dont la hauteur dominante varie de 0.5 à 1.5 m constitue un couvert d'à peu près 60 % composé surtout de *Chamaedaphne calyculata* associé à *Ledum groenlandicum*, *Kalmia polifolia*, *Vaccinium myrtilloides* et *Vaccinium oxycoccus*.

Tableau 6–12. Caractéristiques d'un profil tourbeux d'un marécage boisé de conifères à Cavan en Ontario

Horizon	*Matière*	*Profondeur (cm)*
Om1	Matières organiques granuleuses	0–25
Om2	Tourbe mésique	25–66
Of1	Tourbe fibrique	66–111
Of2	Tourbe de laîche	111–120
Oh	Marne avec coquillages	120–200
C	Limon gréseux	200+

Marais et plans d'eau peu profonde de la région tempérée de l'Est

Les marais de la région de terres humides tempérée de l'Est comprennent des terrains mouillées périodiquement inondées par des eaux stagnantes ou lentes ou des secteurs inondés de façon permamente où croissent des plantes émergentes robustes et, dans une moindre mesure, des plantes flottantes ancrées ou submergées. Le niveau de l'eau à la surface peut varier de façon saisonnière avec les crues printanières et les baisses de niveau en été, qui exposent les dépressions recouvertes de tapis végétaux ou les vasières. L'eau demeure au niveau de la rhizosphère

Tableau 6–13. Analyse chimique de profils choisis de marécages de la région de terres humides tempérée de l'Est boisés de conifères où domine le thuya

Horizon	Matière	Profondeur moyenne (cm)	N total (%)	Conductivité (µS/cm)	Capacité d'échange de cations (mé/100 g)	Cations échangeables (mé/100 g)		
						Ca	Mg	K
Om	Matières organiques granuleuses superficielles	15	1.51	120	86.27	127.24	13.98	0.26
Om	Tourbe mésique à fibrique	39	1.52	73	74.67	66.93	5.06	0.13
Of	Tourbe fibrique	82	2.28	92	73.02	102.79	14.80	0.12
Om	Tourbe de laîche mésique	170	2.64	88	68.46	58.90	2.57	0.12
Oh	Marne avec coquillages	250	0.23	33	65.65	23.80	0.23	0.06
C	Limon gréseux	250+	0.10	31	13.79	13.90	1.76	0.13

Tableau 6–14. Caractéristiques physiques et chimiques d'un marécage sourceux boisé de conifères du canton Puslinch en Ontario

Horizon	Matière	Profondeur (cm)	Profondeur de l'échantillonnage (cm)	Décomposition (von Post)	pH (tourbe)	Conductivité (µS/cm)	Capacité d'échange de cations (mé/100 g)	N total (%)	Cations échangeables (mé/100 g)		
									Ca	Mg	K
Of1	Mousse de *Sphagnum*	0–10	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Of2	Mousse fougère	10–18	—	2	—	—	—	—	—	—	—
Of3	Tourbe de *Sphagnum*	18–24	—	3	4.0	—	—	—	—	—	—
Om1	Tourbe de *Sphagnum*	24–130	35	5	4.0	180.0	12.03	1.07	6.27	3.75	0.20
			85	5	4.2	58.0	29.85	1.14	7.67	2.47	0.21
Om2	Tourbe de *Sphagnum*	130–136	132	6	4.2	63.0	31.81	1.28	12.16	2.16	0.42
Of4	Tourbe de *Sphagnum*	136–360	190	3	4.8	51.8	34.07	0.75	24.44	4.16	0.22
Of5	Tourbe de laîche	360–465	382	3–4	5.6	42.5	20.81	1.85	5.60	0.41	0.08
Om3	Tourbe de laîche	465–485	—	5	5.0	—	—	—	—	—	—
Of6	Tourbe de laîche	485–580	—	3–4	5.0–5.5	—	—	—	—	—	—
Oh	Sapropel	580–740	—	7–8	5.5–6.4	—	—	—	—	—	—
C	Limon gréseux	740+	—	—	—	—	—	—	—	—	—

pendant au moins une partie de la saison de croissance. Le substrat est généralement constitué de sols minéraux ou organiques à teneur élevée en minéraux, mais dans certains marais la tourbe peut atteindre 2 m d'épaisseur. Les eaux varient en général de circumneutres à légèrement alcalines et le niveau de saturation de l'oxygène est relativement élevé.

De façon caractéristique, les marais présentent des zones ou des mosaïques de végétation souvent parsemées de chenaux ou de mares contenant des eaux libres profondes ou non. Les marais peuvent être bordés par des bandes d'arbres et d'arbustes, mais la végétation dominante est constituée de diverses plantes émergentes non ligneuses comme les joncs, les roseaux, les roseaux communs et les laîches. Une diversité de plantes aquatiques submergées et flottantes croissent dans les plans d'eaux libres.

La classe de terre humide du marais est associée à celle des plans d'eau peu profonde. Cette dernière comprend les plans d'eaux libres en permanence généralement de moins de 2 m de profondeur et dont les paramètres chimiques sont étroitement liés au type de plan d'eau qu'elles bordent. Les terres humides d'eau peu profonde sont associées à des lacs, des rivières ou des étangs aux eaux dormantes ou courantes et abritent en général une végétation flottante, submergée ou, dans une moindre mesure, partiellement émergente dans les zones d'eaux moins profondes. Les marais et les plans d'eau peu profonde sont les moins stables des classes de terres humides qui se trouvent dans la région tempérée de l'Est. Ils subissent souvent de profondes modifications occasionnés par l'action des vagues, de la glace et des courants lacustres lors de tempêtes (Barrett, 1977).

On a très peu étudié les substrats tourbeux des marais de la région de terres humides tempérée de l'Est. La nappe phréatique est généralement au-dessus de la surface du substrat des marais, mais elle peut être au même niveau ou légèrement au-dessous à la fin de l'été et en automne. On a examiné le substrat de marais à Pointe Long en Ontario en 1983 (C. Tarnocai, communication personnelle). Un échantillonneur de tourbe Macaulay modifié (Zoltai, 1978) a été utilisé pour obtenir des échantillons de substrats gelés de marais en hiver. Les carottes semi-circulaires recueillies par l'appareil d'échantillon-

nage de la tourbe ont été congelées après avoir été décrites. On a pu les transférer facilement ensuite dans des tubes de plastique eux-mêmes protégés d'une enveloppe supplémentaire de plastique et les expédier congelés au laboratoire où ils ont été conservés ainsi jusqu'à leur analyse. Cette méthodologie pourrait être étendue à l'étude des écosystèmes de marais.

Les marais salés à marée sont répandus le long du bas du fleuve Saint-Laurent. Ces terres humides ne sont pas examinées de façon approfondie au présent chapitre mais au chapitre 9 qui traite des écosystèmes de marais salés à travers le Canada. Toutefois, il existe deux formes importantes de marais d'eau douce dans la région de terres humides tempérée de l'Est, soit le marais de rivage et le marais d'eau douce à marée.

Marais de rivage

Un grand nombre de cours d'eau dans cette région de terres humides sont bordés de marais de rivage, particulièrement le fleuve Saint-Laurent et les rivières Richelieu et des Outaouais. Les sols de ces marais de rivage sont constitués de dépôts alluviaux à texture fine, d'habitude d'une épaisseur de moins d'un mètre, et présentent rarement une accumulation appréciable de matériaux organiques (figure 6–11). Dans ces marais, la diversité végétale est d'habitude limitée, c'est-à-dire qu'il y a en général moins de 10 espèces. Les espèces émergentes les plus répandues sont *Sparganium eurycarpum, Sagittaria latifolia, Typha* spp., *Sagittaria rigida, Scirpus lacustris* ssp. *glaucus, Butomus umbellatus, Eleocharis smallii, Eleocharis palustris, Acorus calamus* et *Zizania aquatica*. Les espèces flottantes comprennent *Lemna minor, Lemna trisulca, Spirodela polyrhiza* et *Hydrocharis morusrani*. Plusieurs espèces de plantes submergées sont également répandues dans les marais de rivage de la région tempérée de l'Est, dont *Eleocharis acicularis, Elodea canadensis, Vallisneria americana, Heteranthera dubia, Myriophyllum spicatum, Ceratophyllum demersum* et *Bidens beckii*.

Keddy et Reznicek (1985) ont identifié deux grands types de végétation qui croissent dans les marais et les plans d'eau peu profonde entourant les ouvertures de marais de rivage en Ontario :

(i) Marais—Les espèces dominantes comprennent *Typha* spp., *Decodon verticillatus, Eleocharis smallii,*

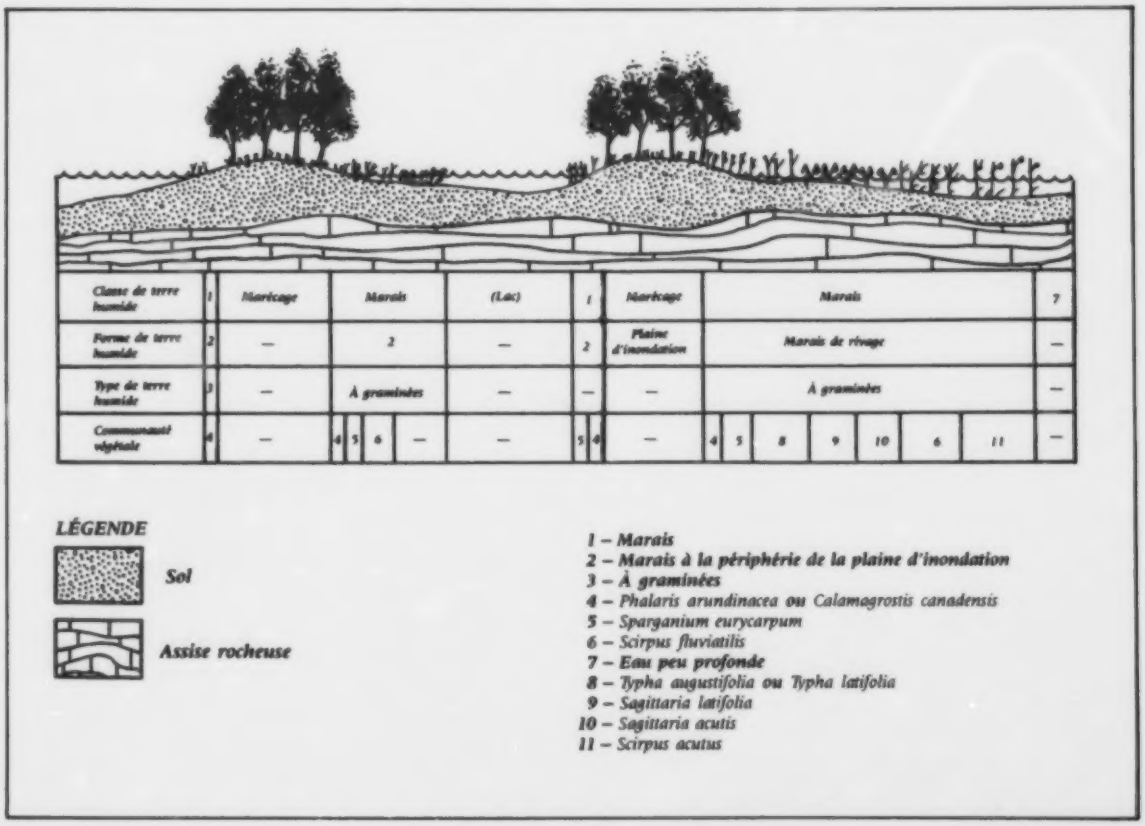


Figure 6–11.
Section transversale d'un marais de rivage de la région de terres humides tempérée de l'Est.

***Tableau 6–15. Caractéristiques physiques et chimiques d'un marais de rivage qui abrite une communauté végétale de* Sparganium eurycarpum**

Profondeur de l'échantillonnage du sol	pH (sol)	C (%)	N (%)	Cations échangeables (mé/100 g)					P (ppm)	Saturation de la base (%)	Capacité d'échange de cations (mé/100 g)	Texture (%)		
				Ca	Mg	K	Na	Mn				Argile	Limon	Sable
Surface	5.4	10.8	0.58	16.1	4.3	0.37	0.47	3.1	122	64	33.2	19	28	53
Mi-hauteur du profil	7.0	3.5	0.19	10.7	3.9	0.25	0.35	1.8	195	100	15.2	30	32	38
Assise rocheuse	7.3	0.7	0.03	5.6	2.7	0.20	0.35	1.4	217	100	8.9	28	35	37

Source : Lamoureux (1969).

Phragmites australis, *Pontederia cordata*, *Sagittaria latifolia*, *Scirpus acutus* et *Scirpus fluviatilis*. *Sparganium eurycarpum* peut également prédominer dans les grandes étendues.

(ii) Milieu aquatique—Ces espèces croissent dans les eaux peu profondes des ouvertures de marais ainsi que dans des eaux dont la profondeur est supérieure au maximum toléré par les espèces émergentes. Les espèces dominantes sont *Ceratophyllum demersum*, *Elodea canadensis*, *Heteranthera dubia*, *Megalodonta beckii*, *Myriophyllum* spp., *Najas flexilis*, *Nymphaea odorata*, *Nuphar variegatum*, *Potamogeton* spp., *Ranunculus aquatilis*, *Utricularia vulgaris* et *Vallisneria americana*.

Keddy et Reznicek (1985) ont également identifié dans les terres humides des environs du lac Erié des espèces rares ou absentes des milieux humides des autres Grands Lacs. Ces espèces comprennent *Hibiscus palustris*, *Nelumbo lutea* et *Nuphar advena*. Hayes (1964) a traité de la riche flore particulièrement prédominante dans les marais du delta de la rivière Sainte-Claire. On y trouve les espèces *Helianthus* spp., *Platanthera leucophaea*, *Pycnanthemum* spp., *Solidago iddelli*, *Vernonia* spp. et *Veronicastrum virginicum*.

Le tableau 6–15 résume l'étude de Lamoureux (1969) portant sur les caractéristiques des sols dans un marais de rivage adjacent à une plaine d'inondation fluviale et possédant une communauté végétale de *Sparganium eurycarpum*.

Marais d'eau douce et d'eau saumâtre à marée

Les marais d'eau douce et d'eau saumâtre à marée sont caractéristiques des environnements côtiers à l'interface entre les eaux douces et salées. Dans la région de terres humides tempérée de l'Est, on trouve de tels milieux le long du fleuve Saint-Laurent, du lac Saint-Pierre à l'île d'Orléans. Cette forme de marais se trouve aussi dans d'autres régions de terres humides, soit le long des estuaires des côtes du Nouveau-Brunswick ainsi que dans des milieux subarctiques ou boréaux de la baie James.

Au Québec, en amont de l'île d'Orléans, il existe dans le fleuve Saint-Laurent des endroits où l'eau est douce (de 0 à 3 ‰) ou d'eau saumâtre (de 4 à 17 ‰) et qui subissent l'influence des marées (Gauthier, 1982). Le long de ces rivages, l'amplitude moyenne des marées est d'environ 1 m mais peut atteindre 5 m à l'île d'Orléans et les marais d'eau douce à marée où prédomine *Scirpus americanus* sont répandus.

Ces marais recouvrent d'habitude des sédiments de limon et d'argiles à texture fine qui présentent parfois une texture de sable graveleux s'ils ont été remaniés par des courants. Les caractéristiques chimiques de ces dépôts sont assez uniformes. Le tableau 6–16 et la figure 6–12 résument la description de Lacoursière (1969) et de Lacoursière et Grandtner (1971, 1972) d'un transect établi sur le littoral de l'île d'Orléans. Les taux annuels de sédimentation varient considérablement dans ces marais. Des valeurs de 4 à 26 cm par an ont été relevées à Cap-Tourmente au Québec (Brind'Amour et Lavoie, 1983).

Bien que la végétation de ces marécages bordant le Saint-Laurent soit généralement dominée par *Scirpus americanus*, elle présente néanmoins des bandes distinctes parallèles au rivage, créées par des facteurs à action réciproque comme la durée de submersion dans des eaux plus hautes ou le degré de salinité déterminé par l'élévation du terrain en fonction des niveaux d'eau moyens. Par exemple, la période de submersion globale peut varier de 2 à 60 % de l'année selon le terrain.

De Grondines à l'île d'Orléans au Québec, la végétation est typique de celle des marais d'eau douce à marée. Cependant, à partir de Trois-Saumons, à 70 km à l'est de l'île d'Orléans, plusieurs espèces d'halophytes se sont implantées là où la salinité varie de 20 à 40 ‰. La salinité augmente graduellement en aval jusqu'à la limite de la région de terres humides du Bas-Boréal, où des halophytes comme *Spartina alterniflora* sont bien représentées à Saint-Roch-des-Aulnaies, à 90 km à l'est de l'île d'Orléans.

En plus de *Scirpus americanus*, environ une douzaines d'espèces végétales rares au Québec croissent dans ces marais. Il s'agit de *Deschampsia caespitosa* var. *intercotidalis*, *Zizania aquatica* var. *brevis*, *Epilobium ciliatum* var. *ecomosum*, *Cicuta maculata* var. *victorinii*, *Gentiana crinita* var. *victorinii*, *Lycopus americanus* var. *laurentianus*, *Gratiola neglecta* var. *glaberrima*, *Mimulus ringens* var. *colpophilus*, *Bidens tripartita* var. *orthodoxa* et *Helenium autumnale* var. *fylesii* (Baillargeon, 1981).

Tableau 6–16. Caractéristiques physiques et chimiques du sol d'un marais d'eau douce à marée à l'île d'Orléans au Québec

Profondeur du sol (cm)	pH (sol)	C (%)	N total (%)	P (ppm)	Cations échangeables (ppm)					Saturation de la base (%)	Capacité d'échange de cations (mé/100 g)	Texture (%)		
					Ca	Mg	K	Na	Mn			Argile	Limon	Sable
0–7	7.0	3.6	0.18	34	3 280	665	155	165	60	129	17.9	10	66	24
8–15	7.0	2.4	0.13	71	1 390	320	75	115	35	80	12.8	8	70	22
16–30	6.9	2.4	0.12	51	1 625	345	65	120	60	83	14.2	10	68	22
31–45	6.8	2.6	0.10	51	1 905	395	80	125	75	80	17.0	13	59	28
46–60	6.7	2.4	0.10	44	1 803	375	85	135	70	96	13.7	10	56	34

Source : Lacoursière (1969).

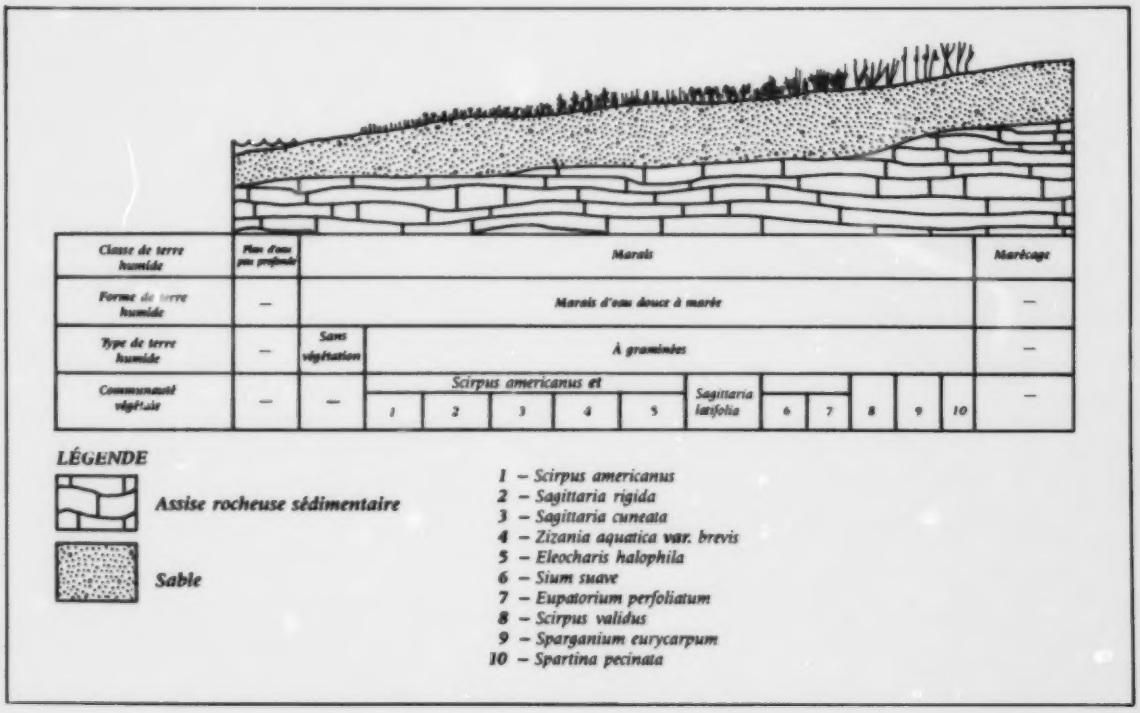


Figure 6–12.
Section transversale d'un marais d'eau douce à marée de la région de terres humides tempérée de l'Est.

Au moins 60 autres espèces peuvent croître dans ces marais. Les marais d'eau douce et d'eau saumâtre à marée sont des écosystèmes très productifs. Par exemple, Brind'Amour et Lavoie (1983) ont relevé une valeur annuelle de production de biomasse au-dessus du sol de 3 791 g/m²/an à Cap-Tourmente au Québec, la production atteignant son maximum au cours de la première moitié d'août 1983. Doran (1981) a évalué la production totale de phytomasse de *Scirpus americanus* à Cap-Tourmente. Des valeurs de biomasse au-dessus du sol de 0.16 à 0.30 tonnes/ha et submergée de 1.6 à 3.9 tonnes/ha ont été mesurées avant l'arrivée annuelle de l'oie des neiges (*Anser caerulescens atlanticus*). L'extrapolation de ces valeurs pour toute le secteur de marais de Cap-Tourmente (172.8 ha) indique une production totale annuelle à cet endroit dépassant 730 tonnes/an dont 35 % sont consommés par les oiseaux migrateurs.

Plans d'eau peu profonde

Cette classe de terres humides constitue l'interface entre d'autres classes de terres humides et les eaux libres et désigne généralement des terrains submergés en permanence. La profondeur maximale de l'eau sur ces terres humides a été établie à 2 m dans le Système de classification des terres humides du Canada (annexe I). Les facteurs qui déterminent l'établissement de la végétation dans ces régions sont : la texture des sédiments sous-jacents; la couleur, la turbidité et la profondeur de l'eau; et la vitesse des cou-

rants. La profondeur, la couleur et la turbidité modifient la pénétration de la lumière. La figure 6–13 présente des exemples de plans d'eau peu profonde aux eaux brunes ou limpides. La figure 6–14 examine aussi la relation entre la profondeur de l'eau et la présence de végétation.

La diversité de la végétation dans les plans d'eau peu profonde est en grande partie déterminée par les propriétés chimiques de l'eau. Par exemple, dans les eaux brunes où le pH est neutre, comme celles qui caractérisent généralement la rivière des Outaouais, le nombre d'espèces végétales est limité. Les espèces flottantes comprennent *Nymphaea tuberosa, Nuphar variegatum* et *Sparganium fluctuans*. Les espèces submergées comprennent *Vallisneria americana, Myriophyllum spicatum, Elodea nuttallii* et *Potamogeton richardsonii*. Par contre, dans les eaux claires où le pH atteint environ 8.1 et la teneur en calcium est élevée, la flore est plus diversifiée (Pageau et Lévesque, 1970; Pageau *et al.*, 1971). Les espèces flottantes les plus représentatives sont *Nymphaea tuberosa, Nymphoides cordata* et *Lemna trisulca*. Les espèces submergées des plans d'eau limpide peu profonde comprennent *Vallisneria americana, Myriophyllum spicatum, Heteranthera dubia, Elodea canadensis, Alisma gramineum* et *Ceratophyllum demersum*.

Certaines espèces flottantes (telle *Nymphaea tuberosa*) s'enracinent dans un substrat ne dépassant pas 2 m. D'autres espèces, comme *Lemna trisulca*, ne s'enracinent pas et peuvent être entraînées par le vent et les courants. Pour d'autres encore, la profondeur est un facteur dont l'importance peut varier selon l'espèce. Par exemple, *Vallisneria americana* pousse bien dans 50 cm d'eau brune, mais aussi dans des eaux limpides pouvant atteindre jusqu'à 3 m de profondeur. Le courant est un autre facteur critique dans l'établissement de la végétation dans les plans d'eau peu profonde, les espèces qui s'enracinent étant défavorisées.

Dynamique des terres humides de la région tempérée de l'Est

Les marais se sont formés dans les baies bordant les lacs et les rivières ainsi qu'aux endroits à l'abri de l'affouillement. Des marais se sont formés également dans les estuaires et les sections à faible pente des rivières, ils sont les écosystèmes les moins stables de la région de terres humides tempérée de l'Est. Les études sur la répartition et l'écologie des terres humides de la région devraient comprendre un relevé périodique des marais. Par exemple, on a observé des changements radicaux au cours des dernières années dans le marais de la Pointe Turkey sur le bord du lac Érié en Ontario, où les formes de terres humides varient de vastes marais légèrement submergés et parsemés de mares à des étendues d'eau à peu près libre.

Par contre, les fens de rivage peuvent être très stables, comme l'illustre celui de Port Royal en Ontario, qui persiste derrière une barre depuis plus de 3 000 ans. La persistance des fens de ruisseau dépend de l'inondation saisonnière du fen par le ruisseau. L'exemple du fen de la rivière Holland en Ontario, dans lequel s'est formé un bog arbustif inférieur à

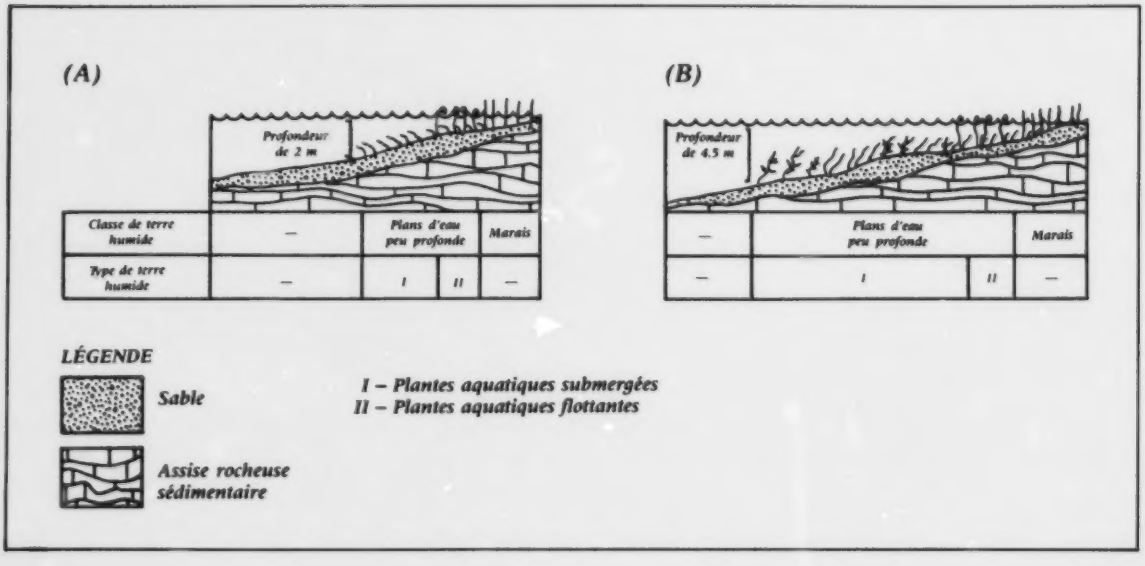


Figure 6–13.
Sections transversales de plans d'eau peu profonde le long des voies navigables majeures dans la région de terres humides tempérée de l'Est qui ont (A) des eaux organiques "brunes" et (B) des eaux douces limpides.

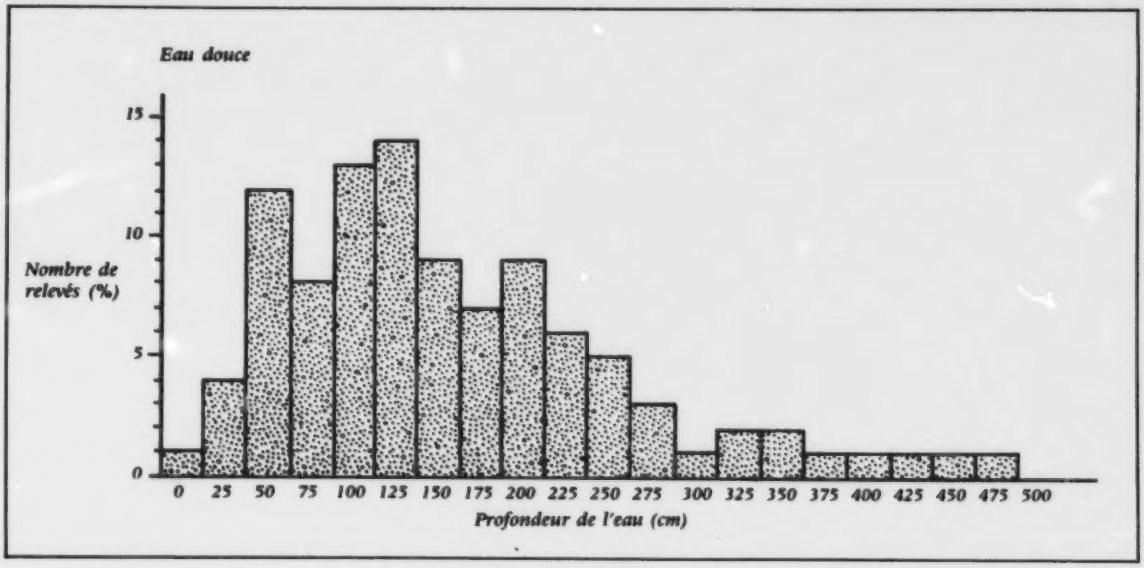


Figure 6–14a.
Distribution de la végétation aquatique avec la profondeur dans les eaux douces du Québec.

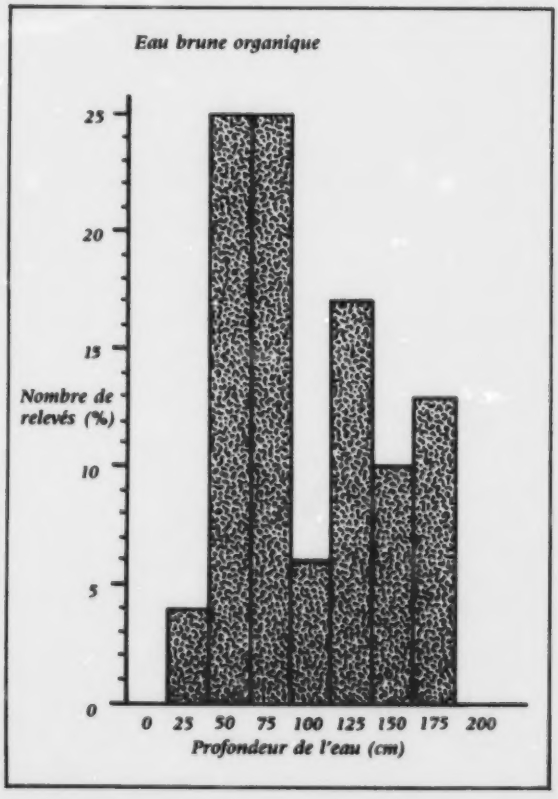


Figure 6–14b.
Distribution de la végétation aquatique avec la profondeur dans les eaux brunes du lac Saint-Louis près de Montréal.

seulement un kilomètre à l'intérieur des terres à partir du fen, démontre qu'en l'absence d'apports d'éléments nutritifs par des eaux de crues un bog ouvert peut graduellement remplacer le fen.

Les profils de la tourbe des bogs indiquent que, traditionnellement, les fens associés à des étangs, qui existaient au cours de la période postglaciaire, se sont transformés en bogs ultérieurement après l'assèchement des étangs. Selon les données obtenues en Ontario par Vreeken (1981), ces fens auraient commencé à se former dans les basses terres au cours d'une période s'étendant de 3 000 à 500 ANE. Lorsqu'ils sont établis, les bogs ouverts sont très stables. Les bogs boisés le sont plus encore, mais ils peuvent retourner à l'état ouvert s'ils sont dévastés par un incendie au cours d'une année particulièrement sèche.

On a terminé l'étude d'un grand nombre de bogs bombés au Québec. La datation au radiocarbone indique que la formation des tourbes basales dans ces bogs a été amorcée il y a 9 000 à 5 500 ans ANE (Richard, 1977, 1978). Les terrains plus élevés et, par conséquent, les plus rapidement asséchés après le retrait de la mer glaciale Champlain contiennent des accumulations de tourbe qui remontent à environ 8 500 ans ANE, comparativement aux bogs plus bas où les tourbes basales initiales datent de 5 500 ans ANE (tableau 6–17).

Au cours de ces périodes de formation des bogs, des quantités appréciables de matériaux organiques se sont déposés. L'épaisseur de la tourbe dans les bogs du Québec varie généralement de 1 à 2 m, mais elle peut atteindre 5 m dans certains cas. Des taux d'accumulation d'environ 4 cm/100 ans pendant les périodes d'abondance en éléments nutritifs, dites minérotrophes, et d'environ 3 cm/100 ans pendant les

Tableau 6–17. Âge de la tourbe basale des bogs du Québec qui font partie de la région de terres humides tempérée de l'Est

Région physiographique	*Élévation au-dessus du niveau de la mer (m)*	*Profondeur (cm)*	*Âge (avant 1950)*	*Longitude*	*Latitude*	*Emplacement*	*Source*
1. Hautes terres appalachienne	282	565–575	11 400±340	72°35′05″ O	45°21′33″ N	Shefford	Richard (1977, 1978)
2. Plaine du Saint-Laurent	160	550–560	7 970±140	71°48′30″ O	46°53′30″ N	Saint-Raymond	Richard (1973, 1977)
3. Plaine du Saint-Laurent	140	580–590	8 835±145	71°30′00″ O	46°27′00″ N	Dosquet	Richard (1973, 1977)
4. Plaine du Saint-Laurent	120	100+	8 220±150	71°10′00″ O	46°39′15″ N	Beauséjour	Chabot et Maynard (1978)
5. Plaine du Saint-Laurent	75	295–300	8 760±180	73°53′40″ O	45°05′40″ N	Ormstown	Levesque *et al.* (1978) Mathur *et al.* (1982)
6. Plaine du Saint-Laurent	68	320–335	6 100±160	70°56′ O	46°56′ N	Île d'Orléans	Richard (1971, 1977)
7. Plaine du Saint-Laurent	53	173–178	8 150±150	72°59′00″ O	45°17′00″ N	Farnham	Larouche (1980)
8. Plaine du Saint-Laurent	51	261–270	8 600±110	74°13′40″ O	45°07′05″ N	Grand champ de céanothes	Laframboise*
9. Plaine du Saint-Laurent	50	374–384	10 570±210	74°17′30″ O	45°08′00″ N	Grand champs de céanothes	Laframboise*
10. Plaine du Saint-Laurent	50	429–444	9 140±180	74°17′30″ O	45°08′00″ N	Petit champs de céanothes	Laframboise*
11. Plaine du Saint-Laurent	20	275–285	4 730±95	73°13′00″ O	46°00′00″ N	Lanoraie (site de Saint-Jean)	Richard*
12. Plaine du Saint-Laurent	18	260–280	4 790±140	73°18′10″ O	45°59′30″ N	Lanoraie (site de Saint-Joseph)	Comtois (1979, 1982)
13. Plaine du Saint-Laurent	18	465–490	5 960±130	73°18′00″ O	45°59′20″ N	Lanoraie (site de Saint-Henri)	Comtois (1979, 1982)
14. Plaine du Saint-Laurent	18	280–300	6 490±110	73°20′30″ O	45°57′40″ N	Lanoraie (site du Coteau-Jaune)	Comtois (1979, 1982)
15. Plaine du Saint-Laurent	16	170–178	5 540±105	71°20′00″ O	46°47′30″ N	Sainte-Foy (Centre de plein air)	Larouche (1980)

**Données non-publiées. Laboratoire de paléobiogéographie et de palynologie, Université de Montréal.*

périodes plus pauvres, dites ombrotrophes, ont été consignés dans la documentation.

Les accumulations de matériaux organiques dans les bogs ont eu une influence déterminante sur la composition de la végétation dominante de chaque terrain (figure 6–15) (Comtois, 1979, 1982). Trois étapes de succession ont été proposées : (a) des terrains minérotrophes recouverts d'espèces herbacées dominées par les cypéracées; (b) des terrains minérotrophes boisés où prédominent *Larix laricina* et *Thuja occidentalis*; et (c) des terrains ombrotrophes garnis d'arbustes d'éricacées. Selon Comtois (1979, 1982), la transformation d'un paysage herbacé en boisé remonte à 4 500 ans tandis que les conditions ombrotrophes apparaissent entre 2 500 et 4 000 ans après l'apparition de la terre humide. Les principaux facteurs qui déterminent ces transformations seraient la chimie du sol et l'accumulation graduelle de matériaux organiques plutôt que les influences climatiques. Les études de datation au moyen de l'isotope O^{18}/O^{16} des fibres cellulosiques de tourbe, effectuées par Comtois (1979, 1982), ont confirmé qu'il n'existe pas de relation entre le changement de climat et la modification du couvert végétal.

Les marécages boisés de feuillus et de conifères se forment souvent dans le bas des pentes où circulent fréquemment des eaux souterraines enrichies d'ions d'éléments nutritifs provenant des bas-plateaux environnants à substrat minéral qui surplombent les marécages. Ces marécages sont très stables mais ils sont souvent déboisés vu les coupes sombres qu'on y fait. Dans certains cas, des marais se sont établis dans ces marécages fortement perturbés. Ces marais sont rapidement remplacés par des marécages arbustifs supérieurs qui cèdent éventuellement la place à de nouveaux marécages boisés de feuillus ou de coni-

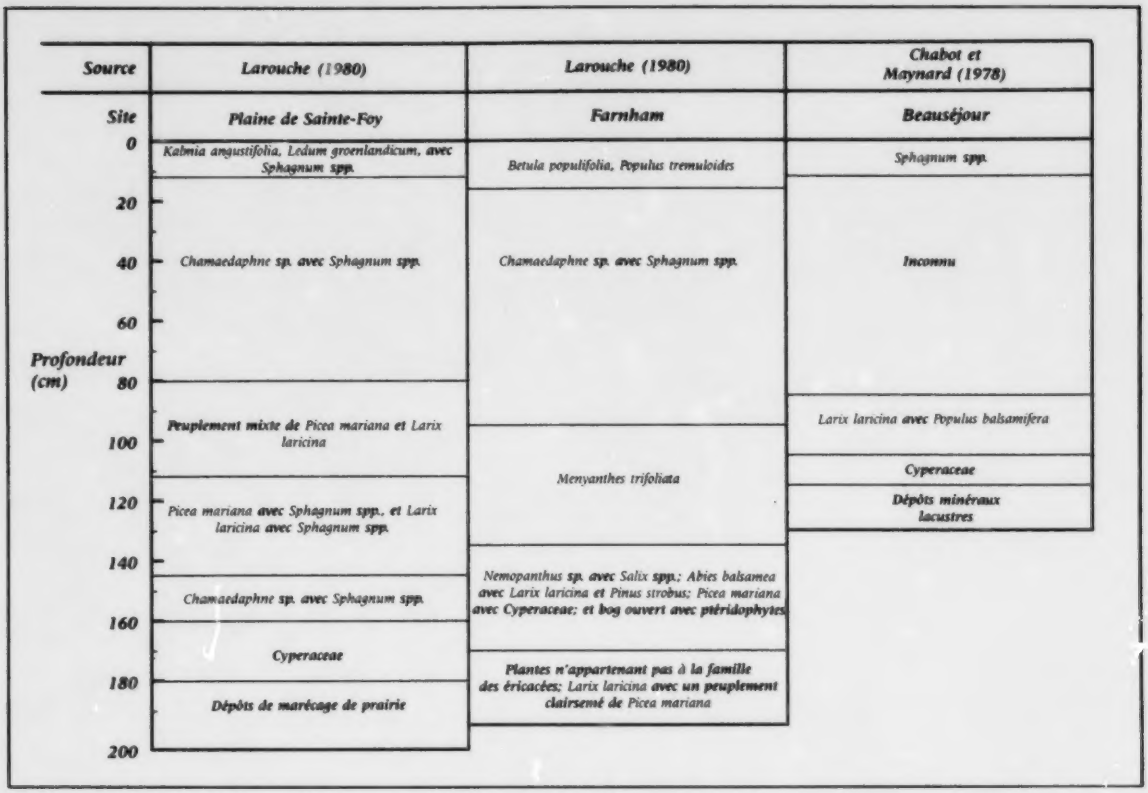


Figure 6–15.
Évolution de la végétation couvrant plusieurs bogs bombés dans la région de terres humides tempérée de l'Est du Québec.

fères. À certains endroits cependant, la végétation de marais peut persister pendant de nombreuses années.

Valeurs des terres humides de la région tempérée de l'Est

Utilisation des terres humides de la région tempérée de l'Est par les oiseaux

L'utilisation des terres humides de la région tempérée de l'Est par la sauvagine et d'autres oiseaux migrateurs constitue peut-être la plus grande valeur de ces milieux. Le canard colvert (*Anas platyrhynchos*), le canard noir (*Anas rubripes*), le canard branchu (*Aix sponsa*), les sarcelles à ailes bleues et à ailes vertes (*Anas discors* et *Anas crecca*) ainsi que la bernache du Canada (*Branta canadensis*) semblent y prospérer, particulièrement dans les environnements naturels non modifiés le long des Grands Lacs en Ontario et dans la plaine du Saint-Laurent en Ontario et au Québec. Cependant, l'agriculture, l'urbanisation, l'aménagement industriel et la pollution, ainsi que les projets de régularisation des eaux et certains programmes forestiers font disparaître ou dégradent ces terres humides. Les terres humides du sud-ouest du Nouveau-Brunswick qui se trouvent dans la région de terres humides tempérée de l'Est ne sont pas traversées par une route de vol migratoire majeure, mais offrent une voie de dispersion pour la sauvagine qui monte de la baie de Fundy ainsi que des aires de repos au sud de Frédéricton pour la sauvagine.

En 1986, le sud de l'Ontario a abrité plus de 79 000 couples reproducteurs de canards colverts et 12 330 couples reproducteurs de sarcelles à ailes bleues qui ont nidifié avec succès (D.G. Dennis, communication personnelle). Ces chiffres représentent 29 % du total en Ontario pour ces espèces. L'habitat le plus étendu et de la meilleure qualité possible pour cette sauvagine migratoire dans le sud de l'Ontario se trouve dans les grands marais de rivage qui bordent les lacs Érié et St. Clair. Le marais qui s'étend sur la rive est du lac St. Clair forme actuellement l'aire de repos la plus importante pour le canard colvert, le canard noir, la bernache du Canada et le cygne siffleur (*Cygnus columbianus*) dans le sud de l'Ontario (Dennis et North, 1984a). Un grand nombre de ces oiseaux et d'autres espèces migratrices utilisent les marais du lac St. Clair. Selon les estimations, le nombre maximal d'oiseaux atteindrait environ 60 000 au printemps et presque 150 000 à l'automne. En plus du lac St. Clair et de l'île

Tableau 6–18. Espèces de l'avifaune qui dépendent des terres humides dans le sud de l'Ontario

Grèbe jougris	*Podiceps grisegena*
Grèbe à bec bigarré	*Podilymbus podiceps*
Grand héron	*Ardea herodias*
Grande aigrette	*Casmerodius albus*
Héron garde-boeufs	*Bubulcus ibis*
Bihoreau à couronne noire	*Nycticorax nycticorax*
Petit butor	*Ixobrychus exilis*
Butor d'Amérique	*Botaurus lentiginosus*
Cygne tuberculé	*Cygnus olor*
Bernache du Canada	*Branta canadensis*
Canard colvert	*Anas platyrhynchos*
Canard noir	*Anas rubripes*
Canard chipeau	*Anas strepera*
Poule-d'eau	*Gallinula chloropus*
Foulque d'Amérique	*Fulica americana*
Mouette pygmée	*Larus minutus*
Sterne de Forster	*Sterna forsteri*
Guifette noire	*Chlidonias niger*
Moucherolle vert	*Empidonax virescens*
Troglodyte des marais	*Cistothorus palustris*
Paruline orangée	*Protonotaria citrea*
Paruline des ruisseaux	*Seiurus noveboracensis*
Paruline masqué	*Geothlypis trichas*
Carouge à tête jaune	*Xanthocephalus xanthocephalus*
Bruant de Lincoln	*Melospiza lincolnii*
Bruant des marais	*Melospiza georgiana*
Canard pilet	*Anas acuta*
Sarcelle à ailes vertes	*Anas crecca*
Sarcelle à ailes bleues	*Anas discors*
Canard siffleur d'Amérique	*Anas americana*
Canard souchet	*Anas clypeata*
Canard branchu	*Aix sponsa*
Morillon à tête rouge	*Aythya americana*
Morillon à collier	*Aythya collaris*
Canard roux	*Oxyura jamaicensis*
Bec-scie couronné	*Lophodytes cucullatus*
Râle élégant	*Rallus elegans*
Râle de Virginie	*Rallus limicola*
Râle de Caroline	*Porzana carolina*
Râle jaune	*Coturnicops noveboracensis*

Source : Hummel (1981).

Walpole associée, les marais de la Pointe Long sur le bord du lac Érié fournissent un excellent habitat pour la bernache du Canada, le canard colvert, le canard noir et d'autres canards barboteurs (Dennis *et al.*, 1984a). Le tableau 6–18 présente les espèces d'oiseaux considérées comme dépendantes des terres humides du sud de l'Ontario.

Dans le sud-ouest de l'Ontario, certains endroits comme les terrains de moraine sont recouverts d'une multitude de terres humides permanentes et semi-permanentes parce que le drainage de tels terrains s'est révélé irréalisable ou peu économique (Dennis et North, 1984b). Les terres humides dans les terrains de moraine constituent actuellement les aires naturelles les plus importantes pour la protection de la sauvagine dans le sud-ouest de l'Ontario parce que les eaux y sont peu profondes, les sols fertiles, et que les périodes de sécheresse sont accompagnées du recyclage des éléments nutritifs. Dans l'est de l'Ontario, la concentration sur l'île Wolfe près de Kingston de l'abondante sauvagine de la région au printemps et à l'automne confère à ce milieu une importance pour la sauvagine qui est équivalente à celle de la Pointe Long et du lac St. Clair au sud-ouest. Quatre régions possèdent des aires majeures de repos pour la bernache du Canada dont deux qui bordent la rivière des Outaouais (au printemps seulement), celle de Morrisburg et celle de l'île Wolfe.

Au Québec, les habitats de terres humides de la région tempérée de l'Est sont importants pour le maintien des populations de sauvagine. Les terres humides fluviales du Saint-Laurent ainsi que des rivières Richelieu et des Outaouais sont largement utilisées comme habitat par de nombreuses espèces d'oiseaux. Pendant les périodes de migration au printemps et à l'automne, plus de 750 000 oiseaux occupent les marais et les marécages de la région. Ce total inclut plus de 75 % des populations migratrices d'oie des neiges (*Anser caerulescens atlanticus*), de bernache du Canada ainsi que de canards plongeurs et barboteurs.

Les marécages de rivage, particulièrement ceux dont la végétation est dominée par les arbustes et les arbres, les marais de rivage et les plans d'eau peu profonde figurent parmi les habitats les plus recherchés par les oiseaux de cette région de terres humides. Les habitats fauniques des marais et des bogs de rivage ont une grande valeur également. Chaque milieu est examiné en détail ci-dessous.

Marécages de rivage

Une grande partie de la sauvagine de la région de terres humides tempérée de l'Est utilise les marécages de rivage comme aires de repos et pour les activités liées à la migration. Ces marécages comprennent des terrains inondés jusqu'à la fin du printemps, mais secs tout l'été. Certains sont caractérisés par un couvert végétal de plantes herbacées (p. ex., *Phalaris arundinacea*) et cultivées. D'autres sont des marécages arbustifs abritant des saules (*Salix* spp.) et *Cornus* spp., et des marécages boisés de feuillus où domine l'érable (*Acer* spp.). Les marécages herbacés sont ceux qui sont les plus intensivement utilisés par les oiseaux migrateurs. Chaque année, ces terrains ne sont généralement inondées que par des eaux peu profondes qui servent à améliorer leur productivité. Les espèces indigènes de graminées comme *Polygonum* et *Equisetum* ainsi que des cultures comme le mais, peuvent fournir du fourrage sur ces terrains dont la productivité peut atteindre 5 kg/m²/année.

Pendant les migrations du printemps et de l'automne, jusqu'à 250 000 oies des neiges utilisent les habitats de terres humides le long du fleuve Saint-Laurent. De plus, il existe des concentrations de bernache du Canada dans plusieurs régions, dont 100 000 oiseaux le long du lac Saint-Pierre près de Trois-Rivières au Québec, 60 000 le long de la rivière des Outaouais et 15 000 sur les bords de la rivière Richelieu. Environ 15 % de toutes les bernaches du Canada qui empruntent la voie de migration de l'Atlantique utilisent la région du lac Saint-Pierre. On

croit que les terres humides et cultivées de la région ont contribué à l'augmentation de la population de bernache du Canada à cet endroit, qui est passée de 20 000 oiseaux en 1966 à 100 000 aujourd'hui (Lehoux *et al.*, 1985). La bernache du Canada recherche les terres humides la nuit, le jour, elle préfère les prés cultivés. Au début de mai, après une période de repos post-migratoire qui peut durer jusqu'à 40 jours, les oiseaux quittent la région de terres humides tempérée de l'Est pour des endroits plus au nord comme le bassin Foxe et la baie James.

Les canards barboteurs, comme le canard pilet (*Anas acuta*) et le canard noir, occupent les marécages herbeux des terres humides du Saint-Laurent à peu près au même moment que la bernache du Canada et fréquentent la région essentiellement pour les mêmes raisons, soit le repos et l'alimentation. Cette population s'est accrue et comprend aujourd'hui 50 000 individus. Après le retrait des eaux d'inondation au printemps, les marécages herbeux servent d'aires de reproduction pour une douzaine d'espèces de canards barboteurs et d'autres espèces d'oiseaux associées aux terres humides dont le canard colvert et le canard pilet.

On a remarqué que le morillon a tête rouge (*Aythya americana*) préfère nidifier dans la région du lac St. Clair en Ontario, bien qu'il se reproduise aussi dans les marécages bordant la partie ouest du lac Saint-François, qui constitue la seule aire de nidification pour cette espèce au Québec. Entre Montréal et Sorel ainsi que dans la partie sud-ouest du lac Saint-François, on trouve les deux populations les plus importantes de canard chipeau (*Anas strepera*) au Québec. Ces populations ne s'y trouvent que depuis les années 1960 (Cantin *et al.*, 1976). Dans l'est de l'Ontario, les marais fréquentés par le canard chipeau sont situés dans les régions de Cornwall, de Morrisburg, de l'île Wolfe, d'Amherst et de la pointe Prince-Édouard. Des aires de nidification connues du canard chipeau se trouvent aussi le long du lac Saint-François au Québec.

D'autres oiseaux typiques et communs dans ces marécages de rivage comprennent le butor d'Amérique (*Botaurus lentiginosus*), le troglodyte à bec court (*Cistothorus platensis*), le troglodyte des marais (*Cistothorus palustris*), le bruant des marais (*Melospiza georgiana*), la bécassine des marais (*Gallinago gallinago*) et le râle de Virginie (*Rallus limicola*).

Après la migration du printemps lorsque le niveau de l'eau est élevé, les marecages arbustifs et boisés de rivage offrent un habitat attrayant pour les oiseaux, dont le canard branchu, le canard colvert et le canard noir. De hauts niveaux d'eau forcent généralement les oiseaux à construire leurs nids dans des niches élevées tandis qu'ils se nourissent dans les plans d'eau peu profonde et les marais environnants. Parmi les autres espèces qui fréquentent les marécages de rivage où prédominent les arbustes et les arbres, on compte la paruline masquée (*Geothlypis trichas*), le bruant des marais, la paruline des ruisseaux (*Seiurus noveboracensis*), le moucherolle des saules (*Empidonax traillii*), le moucherolle des aulnes (*Empidonax alnorum*) et le carouge à épaulettes (*Agelaius phoeniceus*). Le grand héron (*Ardea herodias*) forme d'importantes colonies dispersées de 100 à 340 individus dans un certain nombre de marécages boisés du sud-ouest de l'Ontario (Dunn *et al.*, 1981) ainsi qu'une douzaine de colonies majeures le long du fleuve Saint-Laurent au Québec. On a observé plus de 800 hérons dans une colonie des îles de Berthier-Sorel en 1986.

Marais de rivage d'eau douce

Les oiseaux utilisent ces terres humides surtout au milieu de l'été quand il y a le plus de plantes fourragères, d'invertébrés, de crustacés et de larves d'insecte. Les espèces les plus répandues dans ces milieux sont les canards barboteurs dont le canard pilet, le canard colvert, le canard noir et la sarcelle à ailes vertes et leur nichées.

Marais de rivage à marée

De 300 000 à 400 000 oiseaux aquatiques et d'autres oiseaux de rivage convergent annuellement sur les habitats littoraux bordant le fleuve Saint-Laurent, compris pour la plupart dans la région de terres humides tempérée de l'Est. Le canard noir, l'oie des neiges et le bécasseau semipalmé (*Calidris pusilla*) sont particulièrement nombreux. Plus de 250 000 oies des neiges fréquentent les marais où prédomine *Scirpus* spp. L'espèce forme la plus grande concentration d'oiseaux dans la plaine du Saint-Laurent.

Les canards barboteurs, qui utilisent largement les marais intertidaux de la région, totalisent à l'automne plus de 50 000 oiseaux (dont 70 % sont des canards noirs). Ils se nourissent de *Scirpus americanus*, *Sparganium eurycarpum*, *Zizania aquatica* et *Sagittaria latifolia*, ainsi que de mollusques, de crustacés et d'invertébrés dans ces terres humides. Le bécasseau semipalmé visite des marais de rivage dans la plaine du Saint-Laurent, dont ceux de Beauport et de Montmagny au Québec, qui constituent deux des milieux les plus importants pour l'espèce dans l'est du Canada.

Plans d'eau peu profonde

Les canards plongeurs fréquentent régulièrement les plans d'eau peu profonde pour s'y nourrir, mais ils préfèrent d'autres habitats pour la nidification. Dans les plans d'eau peu profonde, les canards plongeurs se nourissent surtout de mollusques, d'arthropodes, de moules et de diverses plantes. Les relevés effectués dans ces habitats indiquent que lors de la migration, près de 180 000 oiseaux visitent les eaux et les lacs des environs de Montréal. Le lac Saint-Louis, le lac des Deux-Montagnes, le lac Saint-François et le lac Saint-Pierre constituent les milieux les plus importants au Québec, tandis que les marais et les baies de la Pointe Long, du lac St. Clair et de l'île Walpole (figure 6–16) jouent un rôle semblable en Ontario.

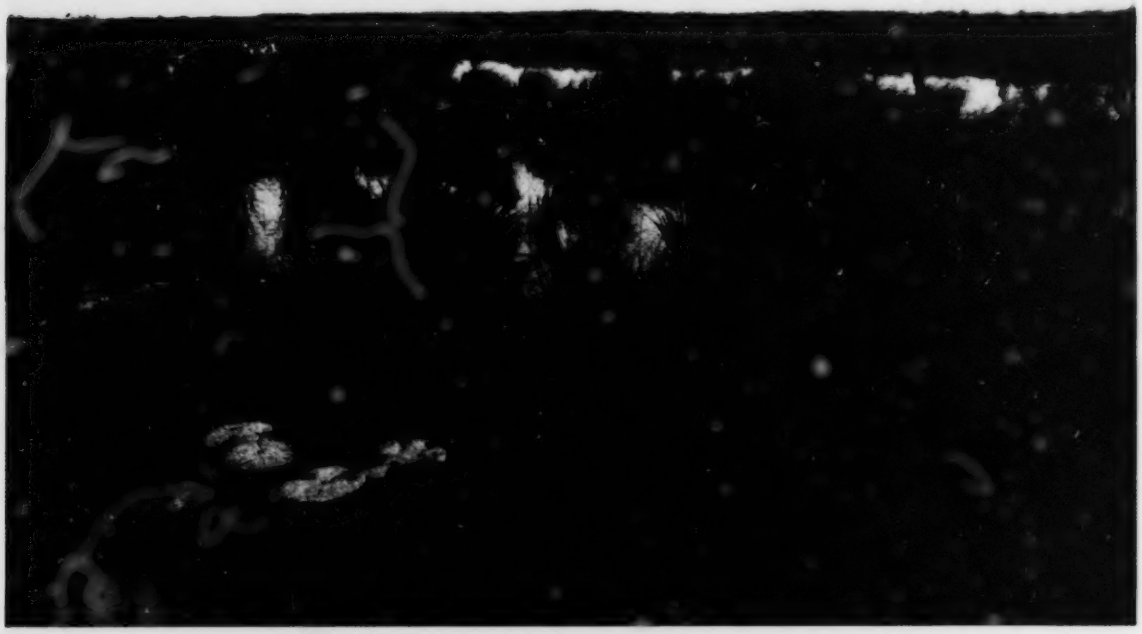


Figure 6–16.
La région de l'île Walpole en Ontario renferme une multitude de marais qui sont utilisés par la sauvagine pour des activités liées au repos et à la migration. Une communauté de laîches croît dans le marais situé à l'extrémité sud de l'île Bassett.

Bogs de rivage

De nombreux bogs de rivage associés aux petits lacs de la région de terres humides tempérée de l'Est constituent aussi des milieux de valeur pour les oiseaux lacustres du nord. En particulier, les étangs peu profonds du centre de ces bogs sont des aires de reproduction pour une multitude d'invertébrés aquatiques qui constituent la nourriture préférée des oiseaux. Les échassiers, qui sont répandus dans ces habitats, comprennent le butor d'Amérique, le canard noir et la sarcelle à ailes vertes. Les huarts à collier (*Gavia immer*) sont communs près des petits lacs limpides (Desgranges et Darveau, 1985) et il en est de même des passeraux dans la partie centrale mal drainée des bogs de rivage. Divers moucherolles, chanteurs, quiscales et bruants en constituent des exemples (Desgranges et Houde, 1987).

Utilisation des terres humides de l'Est tempéré par d'autres espèces fauniques

Le poisson dépend grandement des terres humides de la région tempérée. Les marais et les marécages constituent des frayères pour de nombreuses espèces d'eau douce dont le brochet (*Esox lucius*), le maskinongé (*Esox masquinongy*), l'achigan à grande bouche (*Micropterus salmoides*), la perchaude (*Perca flavescens*), la barbotte brune (*Ictalurus nebulosus*), le crapet-soleil (*Lepomis gibbosus*) et divers vairons. Le tableau 6–19 présente certaines espèces de poisson répandues dans les terres humides du sud de l'Ontario.

Après s'être nourris pendant plusieurs semaines dans des marécages inondés, le brochet et le crapet-soleil ont tendance à migrer vers les marais de rivage pour le frai de mai à juillet. Dans ces milieux, les

Tableau 6–19. Espèces de poissons répandues dans les terres humides du sud de l'Ontario

Brochet	*Esox lucius*
Maskinongé	*Esox masquinongy*
Brochet vermiculé	*Esox americanus vermiculatus*
Carpe	*Cyprinus carpio*
Chatte de l'est	*Notemigonus crysoleucas*
Menton noir	*Notropis heterodon*
Museau noir	*Notropis heterolepis*
Mulet perlé	*Semotilus margarita*
Ventre rouge du nord	*Chrosomus eos*
Ventre citron	*Chrosomus neogaeus*
Tête-de-boule	*Pimephales promelas*
Barbotte brune	*Ictalurus nebulosus*
Crapet de roche	*Ambloplites rupestris*
Crapet-soleil	*Lepomis gibbosus*
Crapet arlequin	*Lepomis macrochirus*
Achigan à grande bouche	*Micropterus salmoides*
Perchaude	*Perca flavescens*
Dard à ventre jaune	*Etheostoma exile*

Source : Hummel (1981).

femelles de brochet pondent des oeufs semi-adhésifs qui s'attachent à des plantes partiellement submergées comme *Phalaris arundinacea* et *Calamagrostis canadensis*. Les crapets nettoient le substrat graveleux avec leur bouche avant de pondre, tandis que la barbotte brune dépose ses oeufs à l'intérieur de petits tunnels dans les sédiments ou la végétation.

Le niveau de l'eau est d'une importance critique pour le brochet et d'autres poissons, car les jeunes sont incapables de nager dans un courant plus rapide jusqu'à ce que les eaux de la principale crue printanière se retirent. Des études effectuées au cours d'une période de 50 ans dans le cours supérieur de la rivière Richelieu au Québec ont montré que le niveau de l'eau et la période d'inondation ont un effet considérable sur le brochet âgé de deux ans ou moins. Une profondeur de moins de 20 cm d'eau au milieu de l'été peut entraîner l'échec de la reproduction chez de nombreuses espèces et une réduction de leur population. Les insectes, les crustacés, les mollusques, les grenouilles et d'autres amphibiens dépendent tous de niveaux minimaux d'eau dans les marais et les plans d'eau peu profonde. Une évaluation de la production de divers poissons dans les terres humides du lac Saint-Pierre au Québec, a donné les résultats suivants : brochet (750 poissons/ha); perchaude (120 poissons/ha); barbotte brune (75 poissons/ha); crapet-soleil (375 poissons/ha); et vairons (3 000 poissons/ha), pour un total de 4 300 poissons/ha.

Les substrats des terres humides arbustives ou boisées sont couverts de feuilles, une condition qui nuit à la reproduction des poissons. En conséquence, il y en a beaucoup moins dans ces milieux. Cependant, on sait que les perchaudes déposent leurs oeufs (attachés les uns aux autres en de longs rubans) sur les branches d'arbres, tandis que les barbottes brunes se nourrissent de vers dans la vase de ces terres humides. Les marécages boisés se caractérisent par la croissance rapide d'une nouvelle végétation attrayante pour d'autres espèce fauniques dont des serpents et des grenouilles (p. ex., la grenouille léopard [*Rana pipiens*]) ainsi que divers mammifères (taupes et campagnols).

Les amphibiens et les reptiles dépendent étroitement des terres humides. En Ontario, par exemple, huit espèces de tortues vivent dans les milieux humides dont la tortue peinte (*Chrysemys picta marginata*), la tortue ponctuée (*Clemmys guttata*), la tortue des bois (*Clemmys insculpta*), la tortue mouchetée (*Emydoidea blandingi*), la tortue musquée (*Sternotherus odoratus*) et la chélydre serpentine (*Chelydra serpentina*). Les amphibiens et les reptiles qui s'abritent dans les terres humides de l'Ontario comprennent la couleuvre fauve (*Elaphe vulpina gloydi*), le Massasauga (*Sistrurus catenatus catenatus*), la rainette grillon (*Acris gryllus crepitans*) et plusieurs salamandres appartenant à la famille des ambystomatidés.

Un grand nombre de mammifères utilisent les terres humides pour s'alimenter et se reproduire. Le cerf de Virginie (*Odocoileus virginianus*) est très répandu dans les terres humides, tandis que l'orignal (*Alces alces*) fréquente de nombreuses terres humides de la région tempérée de l'Est comme le bog Alfred près d'Ottawa. Les terres humides forment aussi l'habitat de plusieurs animaux à fourrure d'importance commerciale comme le vison (*Mustela vison*), le castor (*Castor canadensis*), la loutre de rivière (*Lontra canadensis*), le raton laveur (*Procyon lotor*) et le rat musqué (*Ondatra zibethicus*). Le rat musqué est particulièrement prolifique; plus de 492 000 spécimens ont été capturés en 1985–1986 pendant la récolte de fourrures en Ontario. Les terres humides du sud-ouest de l'Ontario (le district de Chatham) ont produit le plus grand nombre de rats musqués soit 97 000 prises ou 19 % du total pour l'Ontario.

Valeurs économiques

De 1984 à 1986, la récolte des animaux à fourrure des terres humides en Ontario a rapporté près de 11 millions de dollars, ce qui souligne l'importance économique et sociale des terres humides en plus de leur importance écologique. La seule récolte de rat musqué en Ontario en 1985–1986 a rapporté plus de 1.9 million de dollars. Parmi les autres ressources offertes par les terres humides on compte la chasse à la sauvagine et la pêche. En 1983, plus de 103 000 chasseurs de sauvagine ont pris près d'un million de canards et d'oies en Ontario (Metras, 1985). Ces chiffres impliquent des dépenses de chasse de 16 millions de dollars et une valeur économique totale de presque 60 millions de dollars. Les dépenses occasionnées par la chasse à la sauvagine au Québec sont du même ordre.

Dans la région de terres humides tempérée de l'Est, les données recueillies indiquent que plus de 75 000 chasseurs ont abattu un total de 680 000 spécimens de sauvagine et 58 000 oies (Service canadien de la faune, 1981). Les chasseurs de l'Ontario et du Québec étaient à peu près également répartis dans les terres humides des régions tempérées de ces deux provinces, soit 52 % provenant de la première et 45 % de la seconde. Un faible pourcentage de chasseurs a aussi été signalé dans le secteur du Nouveau-Brunswick compris dans la région tempérée de l'Est.

L'industrie de la pêche sportive rapporte plus d'un milliard de dollars à l'économie ontarienne. Bien qu'il soit impossible de déterminer la proportion de cette valeur qui est attribuable aux seules terres humides, elle est sans doute considérable puisqu'elles servent d'aires d'alimentation et de reproduction à plusieurs espèces recherchés par les pêcheurs sportifs. Dans les terres humides on fait une grande utilisation sans prélèvement de la faune (p. ex., l'observation des oiseaux et la photographie de la nature). D'après les données de 1979 (Kubursi, 1981), on estime que toutes les utilisations sans prélèvement de la faune en Ontario ont occasionné des dépenses totales de plus de 100 millions de dollars et ont eu un impact économique global de plus de 300 millions de dollars. La popularité de l'observation des oiseaux comme loisir continue de s'accroître et elle a une incidence correspondante sur les économies locales.

Un grand nombre de ces activités sans prélèvement ont lieu dans des terres humides.

Le poisson et la faune ne sont pas les seules ressources qui ont une valeur économique appréciable. Le bois d'oeuvre, le riz sauvage et la tourbe constituent d'autres ressources naturelles des terres humides. Les terres humides sont les principales sources de thuya occidental et d'érables rouges et argentés. En 1984, la récolte de riz sauvage en Ontario a rapporté près d'un million de dollars. Quoique la majeure partie de cette récolte s'est faite dans le nord-ouest de la province, il existe une capacité d'exploitation importante de cette ressource partout en Ontario. La valeur de la tourbe est également reconnue, comme le démontrent les grandes récoltes de tourbe horticole dans les régions tempérées du Québec et du Nouveau-Brunswick. La tourbe pourrait servir dans l'avenir au traitement des déchets urbains et industriels, de source énergétique de rechange ou d'élément de base de matériaux industriels tels les cokes métallurgiques destinés aux fours à image d'arc et les cires synthétiques.

Depuis 1919, de nombreux bogs du sud-ouest du Québec ont été mis en exploitation pour la production de tourbe horticole. Dans le comté de Champlain, certains servent même à produire de l'énergie. Il existe actuellement plus de 40 compagnies productrices de tourbe au Québec. Plus de 10 000 ha de tourbières au Québec sont également utilisés pour produire des cultures maraîchères commerciales dont les carottes, la laitue, les oignons, les pommes, les radis, le céleri et le maïs, qui représentent une industrie provinciale évaluée actuellement à plus de 50 millions de dollars par an. De nombreuses tourbières du sud de l'Ontario, qui font l'objet d'une gestion, ont une production agricole du même ordre.

Valeurs hydrologiques

La plupart des terres humides ont une grande valeur hydrologique à l'intérieur de leur bassin versant. Il a été reconnu que la valeur hydrologique des terres humides du sud de l'Ontario était équivalente à ses valeurs biologiques et sociales (Environnement Canada et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1984). Bien qu'on apprécie mieux la valeur hydrologique des terres humides depuis quelques années, on ne possède qu'une connaissance fragmentaire des mécanismes hydrologiques de ces terres (Carter *et al.*, 1978; Ingram, 1983). La plupart des études hydrologiques existantes effectuées dans les terres humides traitent des divers aspects de la tourbe ainsi que du drainage ou de la gestion agricole des bogs. Dans la région de terres humides tempérée de l'Est, certains travaux ont été axés sur les bilans hydrologiques (Taylor, 1982) ainsi que sur la relation entre le niveau de l'eau et le débit (Woo et Valverde, 1981).

En règle générale, les principales valeurs hydrologiques des terres humides sont la stabilisation de l'écoulement, l'amélioration de la qualité de l'eau et la lutte contre l'érosion (Whitley, 1975; Whitley et Irwin, 1986). La stabilisation de l'écoulement est la plus importante de ces valeurs, particulièrement en ce qui concerne les marécages (Glooschenko *et al.*, 1987a). Quoiqu'il y a grande variation de capacité d'un terrain à l'autre, certaines terres humides peuvent accumuler de l'eau pendant les périodes de crues et contenir les débits de pointe des ruisseaux et des rivières. Elles réduisent ainsi les crues en certains périodes et augmentent le débit de la rivière en d'autres.

Plusieurs études effectuées dans le sud de l'Ontario et d'autres parties de la région tempérée de l'Est, ont traité du rôle des terres humides dans la stabilisation du débit. Bay (1969) a conclu que les terres humides ne peuvent emmagasiner efficacement l'eau sauf à court terme pour régulariser le ruissellement. Toutefois, cette étude avait pour objet des petites terres humides de moins de 10 ha. Woo et Valverde (1981) ont étudié l'hydrologie du marécage Beverly près de Hamilton en Ontario. Ils ont conclu que le rôle de régularisation de ce marécage était déterminé par la capacité d'emmagasinage des eaux souterraines et que la principale valeur de la terre humide était sa capacité d'absorber la plus grande partie des eaux de pluie des orages d'été. Il y avait moins de régularisation du débit au printemps et à l'automne à cause du substrat généralement saturé.

Prassad (1961) et Rai (1962) ont étudié un petit marécage sourceux boisé de conifères dans le bassin versant de la rivière Speed près de Guelph en Ontario. Les auteurs ont découvert que la terre humide avait peu d'effet sur les débits car elle ne couvrait qu'un point d'émergence des eaux souterraines qui se dissipaient surtout par évapotranspiration plutôt que par écoulement.

Taylor (1982), qui a étudié les terres humides dans le bassin versant Telford près de Peterborough en Ontario, a examiné l'aspect saisonnier de leur contribution aux ruisseaux et aux nappes aquifères locaux. Les résultats obtenus par Taylor indiquent que ces terres humides ont une grande capacité de rétention inutilisée pendant les mois d'été lorsque le niveau de l'eau est bas. Cette capacité permet de contenir efficacement le ruissellement d'orage qui pourrait causer des problèmes d'inondation en aval. Cependant, au cours des mois humides, particulièrement au printemps et à l'automne, la terre humide joue un rôle régularisation moins important. Lorsque le volume maximal de rétention est atteint, la terre humide évacue très rapidement les eaux de ruissellement. Taylor et Pierson (1985) ont conclu que les terres humides du bassin versant Telford réduisaient appréciablement l'écoulement maximal.

La contribution des terres humides à l'augmentation des débits est limitée à une courte période suivant une tempête (quand l'augmentation du débit présente guère d'avantages) ou, ultérieurement, à l'alimentation d'une nappe souterraine par la terre humide. Il s'agit surtout d'une fonction des terres humides d'amont. Cependant, le couplage des terres humides d'amont n'est pas évident. Certaines terres

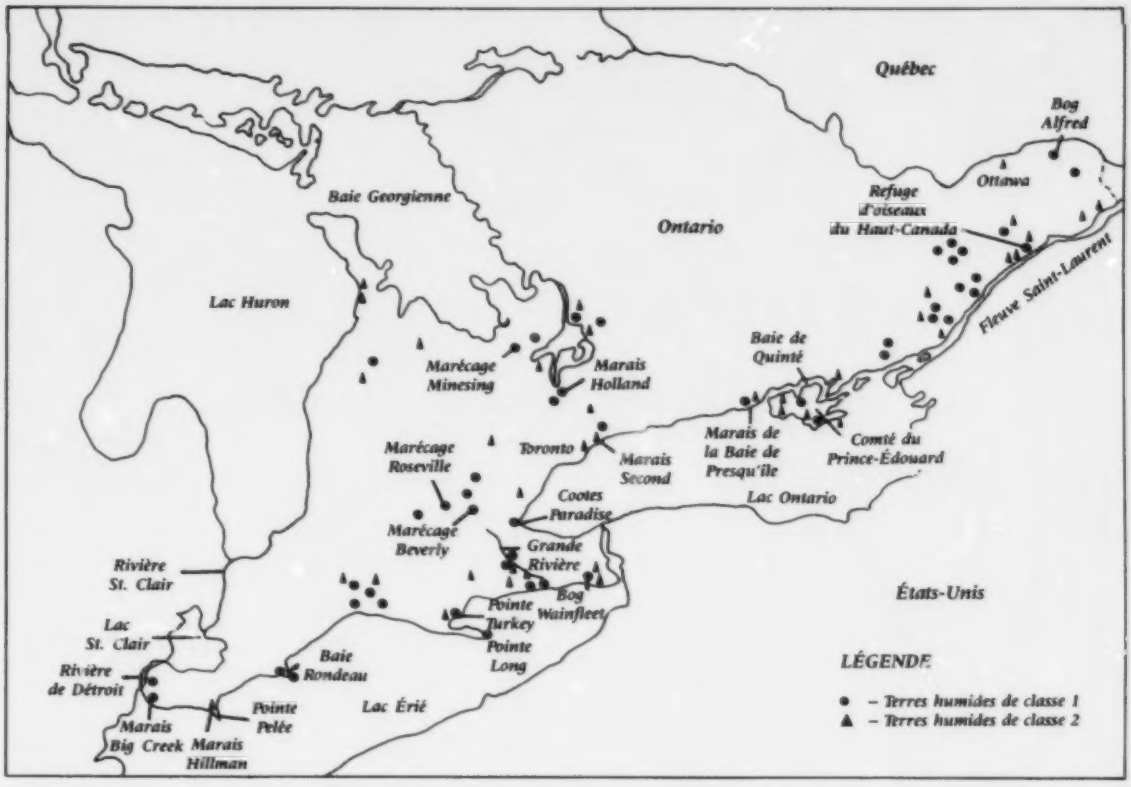


Figure 6–17.
Terres humides majeures du sud de l'Ontario (évaluées jusqu'en 1985).

humides évacuent les eaux souterraines, d'autres alimentent les nappes aquifères (Carter *et al.*, 1978) et d'autres encore sont entièrement indépendantes des systèmes locaux d'eaux souterraines (Verry et Boelter, 1978). Les terres humides isolées alimentent généralement les eaux souterraines régionales, mais toutes les aires d'alimentation ne sont pas nécessairement des terres humides (Roulet, 1985).

Les terres humides peuvent améliorer la qualité de l'eau en y puisant les éléments nutritifs pendant la saison de croissance végétale et en les accumulant de façon permanente dans les sédiments organiques. Au Michigan et au Minnesota, des chercheurs ont remarqué que les eaux qui pénètrent dans les terres humides sont ralenties considérablement, ce qui permet aux particules en suspension de se déposer (Kadlec, 1981; Oberts, 1981), et que le maintien des terres humides urbaines pour le traitement des eaux usées semble avantageux. Dans la région de terres humides tempérée de l'Est, Wile *et al.* (1981) ont découvert que le traitement d'eaux usées dans des marais créés artificiellement près de Listowel en Ontario éliminait jusqu'à 95 % des charges de sol en suspension et de la teneur en phosphore total.

Complexes majeurs de terres humides de la région tempérée de l'Est

La province de l'Ontario reconnaît l'importance provinciale ou régionale d'une multitude de milieux et de complexes de terres humides (figure 6–17). De plus, des organismes fédéraux et provinciaux reconnaissent l'importance internationale, nationale et régionale de nombreuses terres humides de la région de terres humides tempérée de l'Est pour la sauvagine.

Sud de l'Ontario

Dennis *et al.* (1984) ont identifié sept terres humides clés pour la sauvagine en Ontario.

Pointe Long/Pointe Turkey : Plus de sauvagine migratrice utilisent ces endroits que tout autre terre humide du sud de l'Ontario (Dennis *et al.*, 1984; McKeating, 1983). Ces endroits sont d'une importance vitale pour plusieurs espèces d'oiseaux et de plantes rares ou menacées comme le pygargue à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) et le cypripède blanc (*Cypripedium candidum*) (Brownell, 1981). Soixante espèces de plantes et dix-sept espèces d'oiseaux que l'on trouve dans cette région sont considérées importantes à l'échelle provinciale. La Pointe Long, désignée l'une des terres humides d'impor-

Figure 6–18.
La région de Pointe Long qui borde le lac Érié offre un excellent habitat de marais pour la bernache du Canada, le canard noir et divers canards barboteurs : crêtes de thuyas à l'Étang Long.

tance internationale dans le cadre de la convention Ramsar au Canada, est située en majeure partie dans la Réserve nationale de faune de la Pointe Long (figure 6–18).

Marais du lac St. Clair : Une série de 17 marais distincts constitue une des plus importantes aire de repos dans le sud de l'Ontario pour le canard colvert, le canard noir, la bernache du Canada et le cygne siffleur (Dennis *et al.*, 1984). Des clubs de chasse privés administrent presque toute cette étendue, mais 240 ha forment la Réserve nationale de faune St. Clair. Cette contrée figure également sur la liste canadienne des terres humides Ramsar d'importance internationale.

Comté du Prince-Édouard : Les marais et les baies de cette partie de l'Ontario constituent un ensemble de terres humides de valeur. Le marais de Big Island et celui de Sawguin Creek ont une superficie combinée de près de 2 700 ha. Les eaux du lac Ontario y abritent de grands et de petits morillons (*Aythya marila, Aythya affinis*), ainsi qu'une multitude de morillons à dos blanc (*Aythya valisineria*), de morillons à tête rouge, de garrots à oeil d'or (*Bucephala clangula*), de becs-scie et de bernaches du Canada (Dennis *et al.*, 1984). En plus de la sauvagine, il y a des espèces rares en Ontario qui fréquentent ces marais dont la sterne caspienne (*Sterna caspia*), la guifette noire (*Chlidonias niger*), le troglodyte des marais, le troglodyte à bec court, le bihoreau à couronne noire (*Nycticorax nycticorax*) et le petit butor (*Ixobrychus exilis*).

Cours inférieur de la rivière de Détroit : Les terres humides du cours inférieur de la rivière de Détroit, surtout les marais Big Creek et River Canard, servent d'aires de repos importantes pour le morillon à dos blanc et le morillon à tête rouge. Selon Dennis *et al.* (1984), cet endroit vient au sixième rang en importance comme aire de repos pour la sauvagine dans le sud de l'Ontario. Il s'agit également d'un important point d'arrêt pour les rapaces migrateurs. Au cours de l'automne de 1981, plus de 100 000 rapaces de 16 espèces différentes ont été observés dans le marais Big Creek (Patter et Hilts, 1985). La région abrite de nombreuses espèces de flore rare en Ontario dont l'igname velue (*Dioscorea villosa*), le lotus américain (*Lotus americanus*) et l'habénaire blanchâtre (*Habenaria leucophaea*). De plus, plusieurs halophytes rares croissent dans ces marais ou dans les environs (Catling et McKay, 1980).

Grande Rivière : Le réseau de la Grande Rivière constitue la principale source d'approvisionnement en eau pour plusieurs grands centres urbains de l'Ontario. Une section de cette rivière est bordée de dix marais qui totalisent plus de 700 ha et qui forment des aires de repos importantes pour la sauvagine au printemps et à l'automne.

Baie Rondeau : Située à mi-chemin entre la Pointe Pelée et la Pointe Long le long du lac Érié, ce terrain se trouve dans le Parc provincial Rondeau et comprend des terres humides étendues qui offrent chaque année un habitat à des espèces fauniques et de sauvagine d'importance internationale.

Pointe Pelée : Cet endroit, une des aires migratoires et de repos de la sauvagine les plus importantes d'Amérique du Nord, comprend le Parc national de la Pointe Pelée. L'ensemble de ses marais accueillent chaque année l'une des plus grandes migrations d'oiseaux et d'espèces de sauvagine au Canada. En 1987, le Canada a ajouté cet ensemble à la liste de

terres humides de valeur internationale pour la faune en vertu de la convention Ramsar.

Cours supérieur du fleuve Saint-Laurent

Les terres humides de rivage du cours supérieur du fleuve Saint-Laurent constituent un habitat de première importance pour la migration et le repos des espèces de sauvagine, ainsi que pour le frai et l'élevage du poisson dans l'est de l'Ontario et le sud-ouest du Québec. Quelques-unes des terres humides les plus importantes ont été étudiées par Ringuet et De Repentigny (1982) et Bottomley (1986) (figure 6–19). Des relevés de sauvagine migratrice effectués dans l'est de l'Ontario par le Service canadien de la faune (Ross, 1984), ont montré que des espèces de sauvagine d'importance provinciale se concentrent dans l'île Wolfe, à la sortie du lac Ontario. Cette île, qui s'étend de façon stratégique sur la route de migration nord-ouest–sud-est, est entourée de nombreux plans d'eau peu profonde qui recouvrent un tapis végétal submergé. Dans ce secteur, les complexes de terres humides de l'île Grenadier et du lac Saint-François (les îles Ault, Nairne et Morrison) ont une importance régionale et provinciale comme ceux du marais Charlottenburgh et de la Pointe Mouillée, qui bordent aussi le lac Saint-François en Ontario.

On accorde aussi une importance nationale et internationale à une série de complexes de terres humides du secteur de la région tempérée de l'Est situé dans le sud du Québec. Ces complexes comprennent :

Lac Saint-Pierre : Environ 15 % de toutes les bernaches du Canada qui utilisent la route de vol migratoire de l'Atlantique fréquentent les marais et les marécages de cette contrée au cours du printemps. Les îles de Berthier-Sorel sont particulièrement importantes. De nombreux oiseaux aquatiques et de rivage utilisent également le lac Saint-Pierre.

Cap-Tourmente : La Réserve nationale de faune de Cap-Tourmente, étudiée par Ringuet et De Repentigny (1982) et par Lemieux (1973), est depuis longtemps reconnue pour la diversité de sa flore et de sa faune. Les éléments les plus spectaculaires sont les importantes colonies d'oies des neiges et l'étendu du marais de *Scirpus americanus*. Cet endroit est une terre humide de valeur internationale pour la faune en vertu de la convention Ramsar (figure 6–20, a et b).

Îles-de-la-Paix : Situées dans le lac Saint-Louis, ces îles ont une grande valeur pour la production de sauvagine (Laperle, 1969a, 1969b; Ouellet, 1974; Pageau *et al.*, 1971). Ces îles comptent des marécages boisés, à prédominance d'érable, gravement perturbés de 1972 à 1976 par les eaux d'inondation qui ont détruit la végétation et fatigué les terres humides. Les niveaux actuels des eaux encouragent le rétablissement de nombreux sites de haute qualité pour la sauvagine.

Lac Saint-François : Bourget (1973), Ouellet (1974) ainsi que Chapdelaine et De Repentigny (1975) se sont tous penchés sur les marais et les marécages de cette région, tels ceux à Dundee, qu'ils considèrent comme des aires d'arrêt et de repos de la sauvagine cruciales et d'importance nationale. Les Îles de Valleyfield à l'entrée du lac Saint-François et du lac Saint-Louis sont des milieux également importants et comprennent l'île Arthur, une réserve écologique du Québec. Toute cette aire a été ajoutée en 1987 à la liste Ramsar des terres humides d'importance internationale.

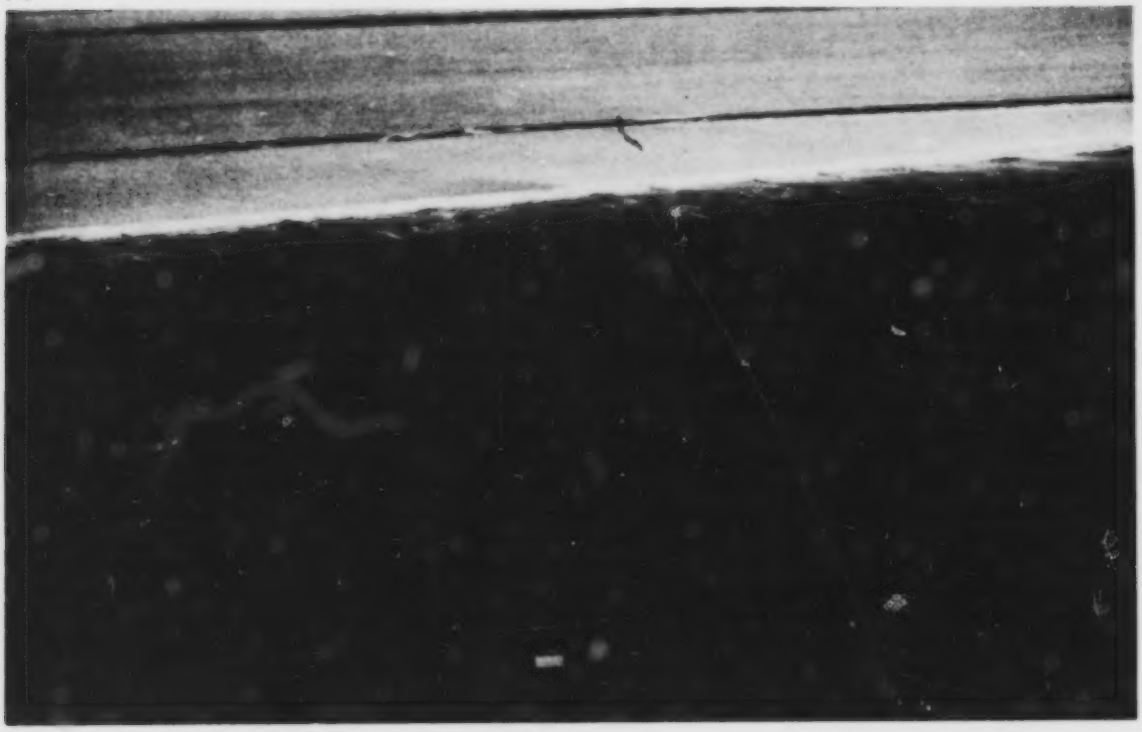
Îles de Contrecoeur : Ce milieu comprend une série de petites îles dans le fleuve Saint-Laurent, qui sont particulièrement productives en ce qui concerne le canard pilet, le canard siffleur d'Amérique (*Anas americana*) et la sarcelle à ailes bleues (Environnement Canada et la province de Québec, 1985). Les études de cette région ont été effectuées par Ouellet (1974), Cantin et Blais (1976), Cantin et Ringuet (1978) et De Repentigny (1982).

Îles des rapides de Lachine : Cet endroit, situé à l'extrémité est du lac Saint-Louis, est caractérisé par la croissance de rares spécimens du micocoulier de Virginie (*Celtis occidentalis*). Cette espèce se plaît dans les îles rocheuses des rapides de Lachine où règne un

Sources : Adapté de Ringuet et de Repentigny (1985); Bottomley (1986).

Figure 6–19.
Terres humides de la région tempérée de l'Est d'importance pour la faune, près du fleuve Saint-Laurent en Ontario et au Québec.

(a)



(b)

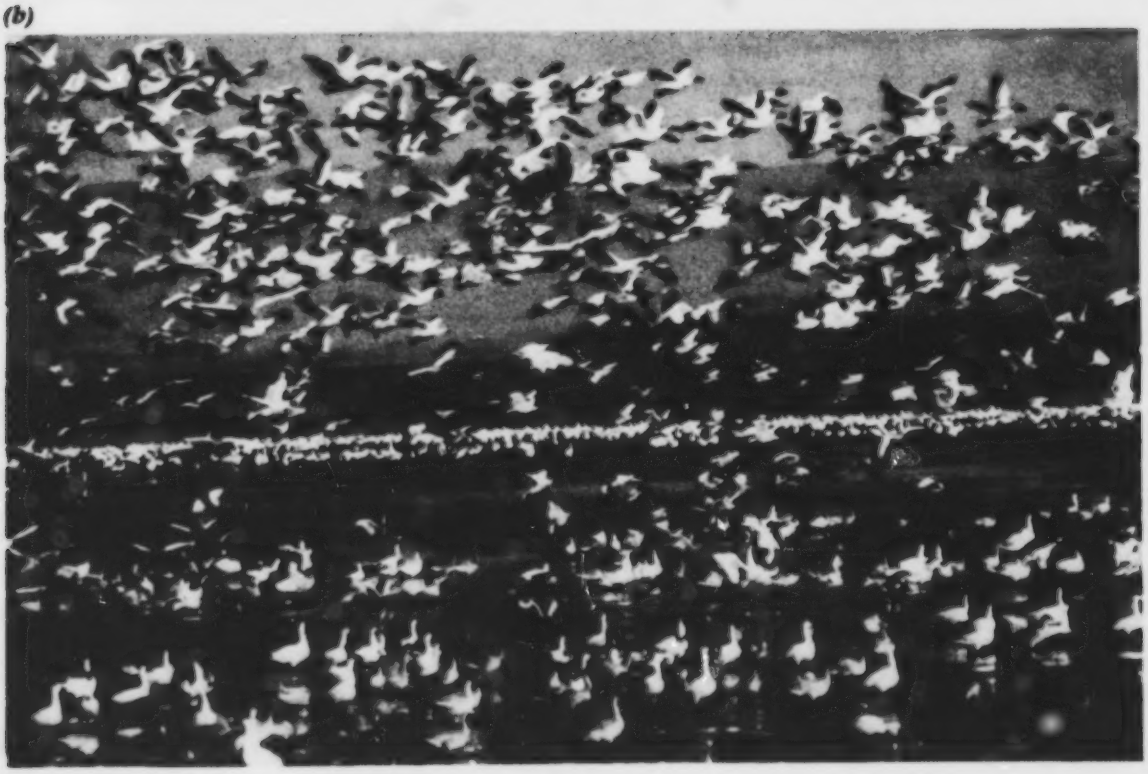


Figure 6–20.
Cap-Tourmente à l'est de la ville de Québec, une des réserves nationales de faune les mieux connues, comporte une grande plaine côtière utilisée par les oiseaux : (a) Pays-de-la-Falaise montrant une zonalité de végétation, (b) oies des neiges.

microclimat hivernal plus chaud créé par la débâcle. Diverses espèces de canard préfèrent également ces sites.

Marais Huntingdon : Auclair *et al.* (1973) ont bien documenté l'importance capitale de ce marais en bordure du Saint-Laurent en tant qu'habitat faunique.

Sud-ouest du Nouveau-Brunswick

Les terres humides du sud-ouest du Nouveau-Brunswick, qui font partie de la région de terres humides tempérée de l'Est, ne se trouvent pas sur une route majeure de vol migratoire, mais constituent une voie de dispersion de la sauvagine qui monte de la baie de Fundy et de la vallée de la rivière Saint-Jean. Les terres humides au sud de Frédéricton sont particulièrement attrayantes comme aires de repos pour la sauvagine, notamment la Réserve nationale de faune du ruisseau de Portobello, qui reçoit le remous des eaux d'inondation de la rivière Saint-Jean (Whitman, 1968; Hall, 1971; Hounsell, 1985). Le balbuzard (*Pandion haliaetus*) fréquente ce milieu et la dernière colonie reproductrice de la sterne noire au Nouveau-Brunswick y est établie. On trouve aussi d'importantes terres humides en bordure de la rivière Kennebecasis et du ruisseau de la baie Belleisle à l'endroit où ces cours d'eau se jettent dans la rivière Saint-Jean, ainsi que près du lac Sunpolk, de la rivière Oromocto et des prairies du Grand-Lac. Les études traitant des ressources fauniques de la vallée de la rivière Saint-Jean comprennent celles de Wright (1967), de Choate (1973) et de Barkhouse (1979).

Pertes de terres humides

Au cours des dernières années, un certain nombre d'études ont examiné les incidences des changements d'utilisation des terres humides de la région tempérée de l'Est du Canada (Cox, 1972; Rutherford, 1979; Lemay, 1980; McCullough, 1981; Le Groupe Dryade, 1980; Snell, 1982, 1987). Cependant, on manque toujours de connaissances et d'études quantitatives sur les tendances des changements d'utilisation des terres. De fait, en 1983, moins de 5 % de tout le sud du Canada avait été étudié sous cet aspect (Lynch-Stewart, 1983). Dans la région de terres humides tempérée de l'Est, la plupart des études ont été effectuées jusqu'à présent dans le sud de l'Ontario, le long des rives du Saint-Laurent et dans les environs des grands centres urbains.

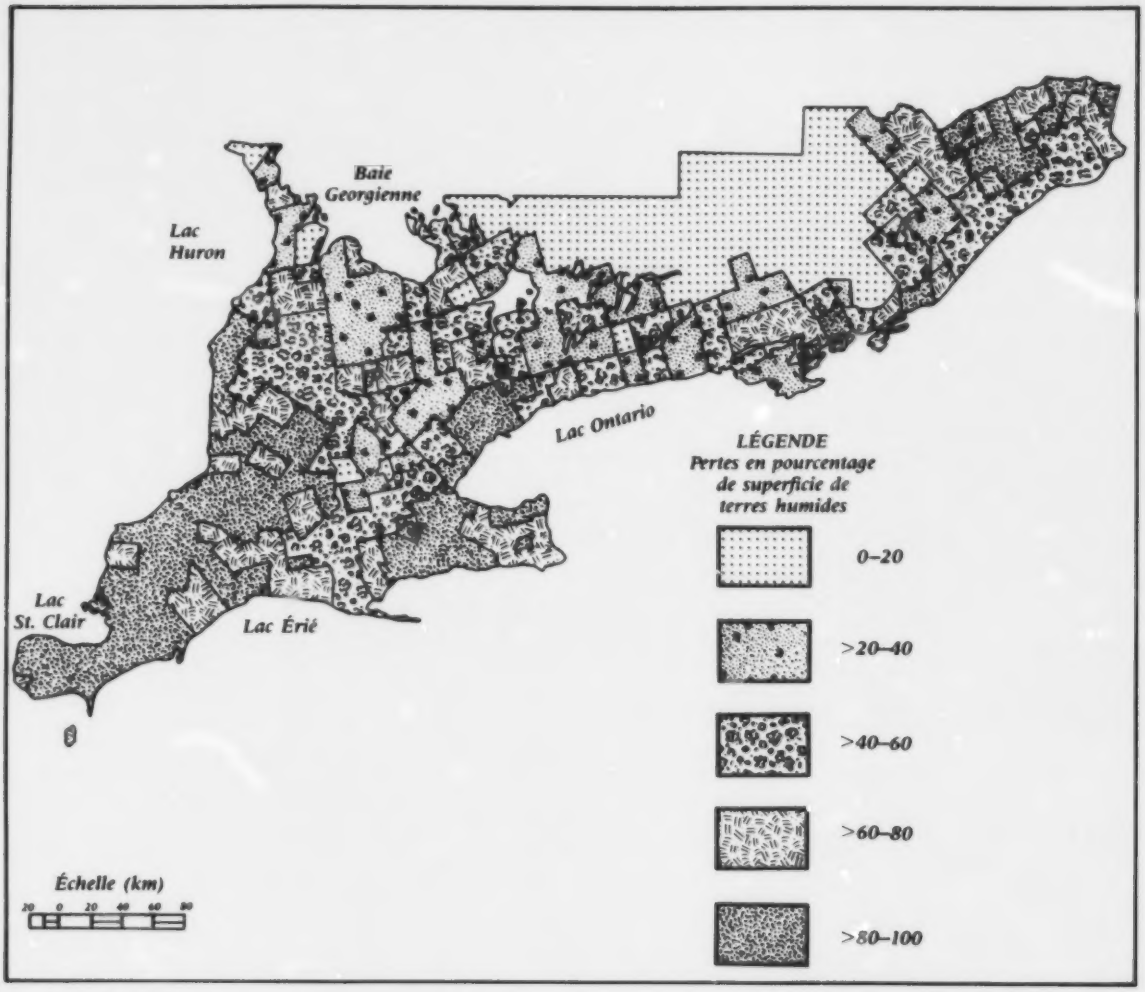
Selon Snell (1982, 1987), plus de 1.4 million de ha (61 %) des terres humides originales dans le sud de l'Ontario ont été perdus depuis la colonisation, l'agriculture étant le principal facteur de cette perte (Found *et al.*, 1975; Laidlaw, 1978; Reid et Keeping, 1979; Bardecki, 1981, 1982). De fait, la mise en valeur agricole est encore la principale cause de perte de terres humides partout dans le sud du Canada. Selon Bardecki (1981), 85 % des terres humides transformées dans le sud de l'Ontario entre 1966 et 1970 l'ont été à des fins agricoles. La perte la plus radicale dans le sud de l'Ontario est survenue dans les comtés d'Essex, de Kent et de Lambton où la superficie originale des terres humides a été convertie à d'autres utilisations dans la proportion de 95, 93 et 81 % respectivement. La figure 6–21 présente le pourcentage de perte de terres humides originales dans le sud de l'Ontario.

Il y a beaucoup moins d'information sur les pertes de terres humides au Québec et dans les Maritimes que dans le sud de l'Ontario. Au Québec, l'agriculture exerce la plus grande pression le long du fleuve Saint-Laurent. Dans l'estuaire du Saint-Laurent, on a converti 32 % des marais à marée à des fins agricoles (Reed et Smith, 1972). Un rapport d'Environnement Canada (1986) présente des données indiquant une perte globale de terres humides de 7 % le long des rives du Saint-Laurent, de Cornwall à Québec, de 1950 à 1978. Des pressions considérables sont exercées sur les terres qui restent en vue de les exploiter à des fins agricoles. Au Nouveau-Brunswick et dans le reste des Maritimes, la conversion des marais à marée en terres agricoles se fait depuis très longtemps (Lynch-Stewart, 1983). Selon Gartley (1982), il y avait 11 000 ha de terres agricoles endiguées au Nouveau-Brunswick à l'époque de la colonisation.

Au début, les terres humides ont éte converties en terres agricoles parce qu'elles étaient considérées comme des terres cultivables potentielles de premier choix. Récemment toutefois, l'assèchement des terres humides a souvent été le résultat de pressions économiques accrues pour utiliser des terres, même marginales, à des fins agricoles. Les gouvernements fédéral et provinciaux ont été accusés ces dernières années d'avoir accéléré la perte des terres humides en encourageant les propriétaires de terres, par des subventions, des ententes de partage des coûts ou des avantages fiscaux, à utiliser les terres marginales pour la production agricole.

Les aménagements urbains et industriels ont aussi contribué à réduire considérablement la superficie des terres humides. En conséquence, près des centres urbains, les terres humides sont souvent l'objet de pressions plus grandes qu'en milieu rural. La construction résidentielle, le dragage des ports, les services publics et l'expansion industrielle sont à l'origine des principales utilisations de terres qui empiètent sur les terres humides comme l'illustre l'étude de Champagne et Melançon (1985) sur la région de Montréal. Dans la région du lac Ontario, l'expansion industrielle est responsable des pertes rapides et considérables de terres humides (Lynch-Stewart, 1983). Selon McCullough (1981), la perte de 42 % des terres humides le long du lac Ontario est attribuable en très grande partie à l'urbanisation.

L'importance, pour la preservation de la faune, des terres humides de la plaine du Saint-Laurent a été reconnue comme une question d'intérêt national (Lynch-Stewart, 1983; Environnement Canada, 1986). Les terres humides qui bordent le Saint-Laurent ont été désignées "terres humides de choix" dans



Source : Snell (1987).

Figure 6–21.
Pertes de terres humides originales de 1800 à 1982 dans le sud de l'Ontario.

le cadre du Programme de surveillance de l'utilisation des terres du Canada (Rump, 1983). Au Québec, Le Groupe Dryade (1981) a estimé que plus de 3 200 ha de terres humides avaient été perdus à cause de l'urbanisation le long du Saint-Laurent entre la frontière de l'Ontario et Montréal. On a cartographié (Le Groupe Dryade, 1981) et évalué en détail (Environnement Canada, 1986) l'étendu des pertes entre 1950 et 1978 pour l'ensemble des terres humides du Saint-Laurent. Les pertes les plus considérables dans ce secteur ont eu lieu près de Montréal.

Dans les Maritimes, il semble que les terres littorales soient sur le point d'être la cible de pressions accrues de la part de projets d'aménagement industriel. L'expansion des installations portuaires et la construction de vastes complexes comportant des terminaux pétroliers et des industries auxiliaires sont des exemples de projets à l'étude qui pourraient empiéter sur les terres humides existantes.

La conversion à des fins agricoles et d'aménagement industriel continue d'occasionner d'importantes pertes de terres humides dans la région tempérée de l'Est, mais d'autres activités anthropiques y ont contribué également. Parmi ces dernières, on compte les projets énergétiques (p. ex., les installations hydroélectriques et l'extraction de la tourbe), les aménagements récréatifs (p. ex., les chalets sur le bord des lacs) et l'exploitation forestière.

Initiatives de conservation des terres humides

Ontario

L'Ontario élabore actuellement une politique de planification pour les terres humides. Cette initiative est

née de la préoccupation de la collectivité et du gouvernement concernant l'avenir des terres humides en Ontario. En 1981, le Gouvernement de l'Ontario a publié un document de travail intitulé "Plan directeur pour les terrains marécageux de l'Ontario" (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1981) afin de demander l'opinion du public sur la gestion des terres humides. Presque toutes les nombreuses réponses reçues reconnaissaient le besoin de protéger au moins certaines terres humides.

Un document additionnel, intitulé "Directives sur la gestion des terres humides en Ontario", publié au printemps de 1984, a été le précurseur de l'énoncé de politique de planification définitif (ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1984). Ces lignes directrices illustrent la préoccupation du gouvernement provincial pour les terres humides et leur gestion. Elles incorporent aussi la préoccupation du public concernant la sage gestion des terres humides tout en reconnaissant que d'autres intérêts provinciaux et locaux, comme l'agriculture, le logement, l'exploitation forestière et les activités récréatives, doivent aussi être pris en considération lors de la planification de l'utilisation des terres.

Afin de fournir une base objective pour plusieurs des questions traitées dans les lignes directrices, le Système d'évaluation des terres humides de l'Ontario (présenté dans une section ultérieure) a été incorporé dans le processus décisionnel recommandé par les lignes directrices. Ce système, qui est maintenant utilisé par le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et d'autres organismes, sert à classer les terres humides en leur attribuant des points selon leur valeur globale et permet la comparaison objective des terres humides des différentes parties du sud de l'Ontario. Le système d'évaluation sert de pierre angulaire pour les lignes directrices en permettant l'identification de terres humides de valeur.

Quoique le système d'évaluation ne concerne que les terres humides du sud de l'Ontario, les lignes directrices s'appliquent à toutes les terres humides de l'Ontario, tant au nord de la province qu'au sud. Les lignes directrices sont structurées de façon à tirer profit du processus décisionnel facilité par le système d'évaluation des terres humides du sud, mais leurs principes valent aussi pour les terres du nord. On a élaboré les lignes directrices sur les terres humides de façon à ce que les municipalités puissent les incorporer dans leur processus de planification. Finalement, les lignes directrices seront révisées à la lumière de l'information reçue des 843 municipalités de l'Ontario ainsi que d'autres organismes gouvernementaux et publics et intégrées à la Loi sur l'aménagement urbain et rural de l'Ontario en qualité de politique gouvernementale officielle. On prévoit actuellement que l'Ontario aura une politique sur les terres humides en 1988.

L'intérêt fédéral concernant les terres humides ontariennes portait sur celles du fleuve Saint-Laurent. La plaine du Saint-Laurent a été identifiée dans le Plan de gestion nord-américain de la sauvagine comme une aire de repos prioritaire pour la sauvagine et un habitat du canard noir.

En 1985, le Service canadien de la faune d'Environnement Canada et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario ont entrepris une étude conjointe sur les terres humides du Saint-Laurent. L'étude avait trois objectifs : (1) l'inventaire et la mise à jour des données recueillies sur place dans les terres humides des rives du Saint-Laurent, (2) l'examen de l'état de ces terres humides en ce qui concerne la végétation aquatique, l'habitat de la sauvagine, les espèces fauniques majeures et l'utilisation de la sauvagine et (3) l'identification des questions ayant un effet sur les terres humides auxquelles le gouvernement fédéral s'intéresse. Le Service canadien de la faune a également effectué des relevés au printemps et à l'automne de l'utilisation de la sauvagine migratrice sur les rives ontariennes du Saint-Laurent.

Sud du Québec

Le Plan de gestion de la sauvagine au Québec (Environnement Canada et la Province de Québec, 1985) a été formulé pour permettre la gestion du gibier à plumes migrateur au Québec et l'établissement d'approches possibles permettant de réaliser cet objectif. Ce plan général offre une structure pour la préparation de projets régionaux et provinciaux de conservation de l'habitat des terres humides. La Loi sur la conservation et la mise en valeur de la faune du Québec, promulguée en 1986, comporte deux éléments importants pour les habitats de terres humides : (1) l'établissement de réserves fauniques provinciales et (2) la création d'un fonds provincial pour les habitats fauniques.

En 1986, le Gouvernement du Québec a annoncé la mise en application d'une nouvelle politique provinciale sur les rives des lacs et des rivières. Cette politique aura des conséquences importantes pour la conservation des terres humides sur les rives des lacs et des rivières par le biais des principes de gestion des terres et des rivages. Notamment, certaines des aires vitales le long du Saint-Laurent seront protégées dès maintenant. Le ministère de l'Environnement du Québec a élaboré un document de politique sur les habitats de rivages à des fins de consultation publique. La politique proposée doit permettre de protéger et d'améliorer les rives de lacs et de rivières afin de minimiser la dégradation des rivages et de réduire la pollution ainsi que la perte d'habitats de terres humides. Pour chaque voie d'eau, on a défini à l'aide d'un programme interministériel coopératif, des bandes de largeur différente, selon les utilisations actuelles des terres. De plus, un grand nombre de plaines d'inondation sont déjà reconnues de façon particulière par le biais d'une entente fédérale-provinciale de protection et de cartographie. Le ministère de l'Environnement du Québec ainsi que le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche étudient les terres humides depuis plus de 20 ans afin d'identifier les terrains représentatifs et cruciaux. Il existe mainte-

nant 13 réserves écologiques provinciales dont la plupart renferment des éléments représentatifs des terres humides de la province et trois d'entre elles (Pointe Heath, Île-aux-Sternes et Micocoulier) sont à peu près totalement constituées de terres humides.

L'acquisition de terres par le gouvernement et des groupes privés de conservation permet aussi de protéger ces milieux dans une certaine mesure. Le Service canadien de la faune administre six réserves nationales de faune au Québec (figure 6–19), préservant ainsi 4 900 ha d'habitat ainsi que de nombreuses îles dans l'estuaire du Saint-Laurent. Quatre de ces réserves se trouvent dans la région de terres humides tempérée de l'Est. Le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec protège aussi 9 700 ha de terres fluviatiles bordant le fleuve Saint-Laurent et la rivière des Outaouais. Quatorze refuges d'oiseaux ont été établis. De plus, les terres humides de 16 parcs provinciaux et de 31 réserves fauniques sont directement protégées à l'intérieur de secteurs totalisant plus de 77 000 km^2.

Sud-ouest du Nouveau-Brunswick

Toutes les terres humides de plus de 0.25 ha de superficie dans les provinces maritimes ont fait l'objet de levés dans le cadre du Programme fédéral-provincial de cartographie et de désignation des terres humides à des fins de protection, dont la direction est assurée par le Service canadien de la faune d'Environnement Canada. Cet inventaire des terres humides facilite le processus décisionnel des organismes de planification des gouvernements fédéral, provinciaux et municipaux concernant les utilisations des milieux humides, et on croit qu'il conduira à une série d'ententes fédérales-provinciales sur la conservation des terres humides.

Programmes d'évaluation des terres humides

La réduction des ressources en terres humides de l'Ontario a incité le Gouvernement de l'Ontario à entreprendre l'élaboration d'une politique de gestion des terres humides en 1980. Les premières composantes majeures de cette initiative étaient axées sur un inventaire fédéral-provincial conjoint des terres humides et sur la mise au point d'un système d'évaluation. Environnement Canada a terminé un inventaire de tout le sud de l'Ontario (Snell, 1982, 1987) et des relevés de ressources en tourbe ont été complétés dans les terres plus nordiques de la province (Riley, 1983).

L'élaboration d'un système d'évaluation des terres humides a été entreprise en 1980 par la Direction de la faune du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et par le Service canadien de la faune d'Environnement Canada. De 1981 à 1983, on a mis à l'essai et modifié des versions provisoires du Système d'évaluation des terres humides de l'Ontario. Glooschenko (1983) a traité de l'évolution de ce système d'évaluation. On a déjà utilisé la version actuelle (Environnement Canada et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, 1984) pendant trois saisons complètes de travaux sur le terrain.

L'objectif du système d'évaluation est de classer les terres humides de façon à ce que les stratégies de gestion adoptées pour ces terres correspondent à leur valeur relative. Cette évaluation veut ni supposer ni encourager la mise en valeur ou la protection des terres humides. Son rôle est purement objectif et sa principale caractéristique est sa quantification des valeurs de terres humides de façon à permettre la comparaison entre les terres humides. Ainsi, elle peut servir de base pour un processus décisionnel informé concernant les utilisations des terres humides. Donc, le système servira surtout d'outil de planification qui peut être incorporé à la politique gouvernementale.

Finalement, le système d'évaluation répartit les terres humides en sept classes distinctes dont la première représente la plus grande valeur et la classe 7, la dernière, la valeur minimale. Le système répartit les valeurs des terres humides en quatre composantes distinctes : biologique, sociale, hydrologique et de caractéristiques spéciales. Chaque composante comporte un maximum de 250 points et possède le même coefficient de pondération dans le classement final d'une terre humide. Les lignes directrices sur les terres humides provinciales de l'Ontario accordent la priorité à la protection des terres humides de choix de la province (classes 1 et 2) ainsi qu'aux terres humides additionnelles (classe 3) que les municipalités jugent importantes et ont intégrées à leur programme de planification.

À la fin de 1986, environ 1 700 terres humides avaient été évaluées et identifiées sur les cartes. D'un échantillon de 1 050 terres humides, 280 (26.7 %) étaient jugées importantes à l'échelle provinciale (classes 1 et 2) et 218 (20.8 %) à l'échelle régionale (classe 3). La figure 6–17 situe certaines de ces terres humides de choix du sud de l'Ontario évaluées avant ou en 1985.

La plupart des terres humides ontariennes appartenant aux classes 1 à 3 sont dominées par des marais et des marécages (Glooschenko *et al.*, 1987b) (tableau 6–20). Selon Glooschenko (1985), qui a étudié la cote d'évaluation attribuée aux marais et marécages, il n'y a pas de différences significatives entre ces milieux humides quant aux composantes biologique, sociale et de caractéristiques spéciales. Cependant, il existe un écart appréciable entre les marais et les marécages dans leur composante hydrologique. Ce phénomène s'explique par le fait que la plupart des marécages évalués étaient situés à l'intérieur des terres et avaient donc obtenu un pointage plus élevé à cause de leur situation et non en vertu de leur état de marécages. Les terres humides dominées par des bogs et des fens sont rares, ne représentant que 3 % des terres humides dans les classes 1 à 3. Cependant, les bogs sont un type sous-dominant dans 19 autres terres humides et des fens se trouvent dans 13 autres. Néanmoins, ils sont beaucoup moins répandus que les marécages et les marais dans le sud de l'Ontario.

Des secteurs du sud-ouest du Nouveau-Brunswick sont couverts par le Programme fédéral-provincial de cartographie et de désignation des terres humides à des fins de protection mis en application par Environnement Canada. Le programme fournit de l'information sur la classification, la superficie, la répartition et la valeur pour la faune et d'autres ressources des terres humides sur tout le territoire du Nouveau-Brunswick, de la Nouvelle-Écosse et de l'Île-du-Prince-Édouard. On a procédé au relevé de toutes les régions des provinces maritimes dans le cadre de cette initiative entreprise en 1980 (Hudgins, 1983). L'inventaire incorpore deux programmes antérieurs d'évaluation des terres humides marines et d'eau douce. Le programme destiné aux terres humides d'eau douce est une modification de celui de Golet (1972, 1973), tandis que la classification et l'inventaire des terres marines ont été mis au point à l'aide d'études régionales pilotes (Service canadien de la faune, 1982). De plus, les principaux relevés du potentiel énergétique des tourbières dans ces provinces fournissent d'abondantes données sur les bogs et les fens de l'intérieur.

Les principales caractéristiques du sytème d'évaluation utilisée pour les Maritimes comprennent l'identification des classes et des sous-classes de terres humides d'après les types dominants de végétation, la profondeur et la permanence de l'eau, la superficie et la situation hydrologique de la terre humide, les types d'habitats environnants et l'entremêlement de la végétation. On évalue les terres humides en combinant leur classement avec les données sur la chimie et l'emplacement des eaux relativement aux caractéristiques hydrologiques et à l'habitat environnant. L'application de certains critères et rangs donne une cote numérique qui reflète la valeur de la terre humide pour la faune. Les cartes minutes utilisées pour la composante d'eau douce de l'inventaire sont codées en vue de leur intégration à une banque de données informatisée (Service canadien de la faune, 1982). Cette banque de données a été complétée pour la Nouvelle-Écosse et l'Île-du-Prince-Édouard.

Le système d'évaluation des terres humides utilisé au Nouveau-Brunswick s'appuie sur une appréciation selon dix critères : la richesse de la classe, la classe dominante, la superficie, la richesse de la sous-classe, le type de terrain, l'habitat environnant, le type de couverture végétale, l'entremêlement de la végétation, la juxtaposition hydrologique et la chimie de l'eau. Les points décernés pour tous les critères sont totalisés et une cote globale est obtenue pour la terre humide. La cote définitive représente la valeur relative de la terre humide pour la faune. La cote maximale qui peut être obtenue est 108 et la cote minimale, 36.

Les principales différences entre les systèmes d'évaluation des terres humides d'Ontario et du Nouveau-Brunswick découlent des critères et des systèmes d'appréciation utilisés. Le système ontarien évalue quatre composantes (biologique, sociale, hydrologique et de caractéristiques spéciales) avec pondération équivalente et n'accumule pas les points. Le système du Nouveau-Brunswick évalue l'emplacement physiographique des terres humides en tenant compte des considérations hydrologiques tandis qu'en Ontario, on insiste beaucoup plus sur les fonctions hydrologiques comme la régularisation et l'augmentation du débit ainsi que l'amélioration de la qualité de l'eau. La présence d'une flore et d'une faune remarquable constitue également un facteur important en Ontario comme l'illustre la banque de données obtenue.

Les produits finaux de l'inventaire des terres humides au Nouveau-Brunswick comprennent une banque de données informatisées et une série d'atlas. L'inventaire des terres humides des provinces maritimes, auquel ont accès les organismes de planification fédéraux, provinciaux, municipaux et locaux pour faciliter l'élaboration de leurs politiques sur les terres humides, servira également de banque de données à divers de programmes de recherche sur les terres humides et de gestion de ces terres. Dans le cadre d'ententes fédérales-provinciales en vue de la préservation de l'habitat des terres humides, on pourrait désigner des terres humides importantes qui tomberaient sous la protection des deux paliers de gouvernement et aucun des deux n'accepterait de financer des activités qui modifieraient l'habitat naturel. Ainsi, l'aide gouvernementale pour le drainage agricole, les installations industrielles et les usines de traitement des eaux usées ne serait pas approuvée dans le cas des terres humides désignées. On espère que de telles ententes fédérales-provinciales pourront être établies sans délai dès que l'inventaire global sera terminé.

De vastes régions du Québec ont déjà fait l'objet d'un inventaire dans le cadre de programmes d'énergie par la tourbe, de relevés des terres écologiques et d'évaluation des habitats fauniques, mais on n'a pas développé de relevé normalisé des terres humides provinciales. Plusieurs systèmes de classification complets ont été élaborés, y compris celui de Jaques et Hamel (1982). De plus, on n'a pas encore de système complet d'évaluation des terres humides provinciales. Cependant, toute une gamme de petites terres ont été évalués en vue de la protection pour des raisons locales, régionales et internationales. La majorité de ces évaluations portaient sur la végétation, la faune et la qualité de l'eau.

Tableau 6–20. ***Nombre de terres humides d'importance provinciale et régionale dans le sud de l'Ontario, par classe et situation géographique : relevés de 1983 à 1985***

Emplacement	*Nombre de terres humides*			
	Marais	*Marécage*	*Bog*	*Fen*
Rives des Grands Lacs	105	12	0	0
Secteurs intérieurs	104	393	7	1

Source : Glooschenko *et al.* (1987b).

Remerciements

Les auteurs désirent tout particulièrement remercier A.N. Boissonneau pour sa collaboration à la première ébauche de ce chapitre. Ses contributions considérables au cours de ses nombreuses années de service avec le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (MRNO) ont permis de mieux comprendre l'écologie des terres humides de l'Ontario. Les personnes et les organismes qui suivent ont contribué à l'achèvement du présent ouvrage par la rédaction ou la révision de textes ou encore par des suggestions : A. Smith, E. Hudgins, S. Wendt, E. Bottomley, D. Dennis, D. Lehoux et J.-L. Desgranges (Service canadien de la faune, Environnement Canada), G. Massé, J.-R. Mongeau, J. Dubé, S. Desjardins et R. Sarrazin (ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec), P. Buteau (ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec), A. Larouche (Université de Montréal), C. Tessier (Université du Québec à Trois-Rivières), M. Brind'Amour et M. Doran (Université Laval), D. Jacques (Université du Québec à Montréal), B. Gauthier et G. Lefebvre (ministère de l'Environnement du Québec), N. Roulet (Université York) et C. Wedeles.

Un contrat accordé par le Secrétariat du Comité canadien de la classification écologique du territoire (CCCET) d'Environnement Canada au Groupe Dryade limitée a facilité l'acquisition de données additionnelles pour ce chapitre. Ces données ainsi que les commentaires de révision offerts par H. Hirvonen, E. Oswald, C. Rubec, C. Tarnocai et S. Zoltai ont également été compilés par le Secrétariat du CCCET. L'Institut ontarien d'amélioration des arbres et de la biomasse forestière a effectué les analyses chimiques dont les résultats ont été utilisés dans plusieurs des séries de données sur l'Ontario qui apparaissent dans ce chapitre. D. Herman et E. Laan, du MRNO, ont aidé à la correction d'épreuves et S. Taylor du MRNO a dactylographié plusieurs ébauches du texte.

Plusieurs des photographies dans ce chapitre paraissent avec la permission du ministère des Richesses naturelles de l'Ontario (figure 6–5, A. Norman; figures 6–6 et 6–10, D. Coulson; figure 6–16, G. Allen et figure 6–18, J. McCracken et D. Hussell). La figure 6–20 paraît avec la permission du Service canadien de la faune d'Environnement Canada.

Bibliographie

AUCLAIR, A.N., A. BOUCHARD, ET J. PAJACZKOWSKI. 1973. Plant composition and species relations on the Huntingdon Marsh, Quebec. Journal canadien de botanique 51:1231–1247.

BAILLARGEON, G. 1981. Zonation et modification de la composition de la flore vasculaire dans une région urbaine : la colline de Québec. Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval. Québec, Québec. 206 p.

BARDECKI, M.J. 1981. The role of agriculture in declining wetlands. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. Fédération des naturalistes de l'Ontario. Les 18 et 19 septembre 1981. Toronto, Ontario. p. 64–73.

BARDECKI, M.J. 1982. The status of wetlands in southern Ontario. Wetlands 2:262–270.

BARKHOUSE, H.P. 1979. Breeding waterfowl in national wildlife areas–Atlantic region. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sackville, Nouveau-Brunswick. Inédit.

BARRETT, H.B. 1977. Lore and legends of Long Point. Burns and MacEachern Limited. Don Mills, Ontario. p. 229–234.

BAY, R.R. 1969. Runoff from small peatland watersheds. Journal of Hydrology 9:90–102.

BLANCHET, B. 1982. Les cédrières du Québec. Études écologiques nº 6. Laboratoire d'écologie forestière, Université Laval. Québec, Québec. 166 p.

BOSTOCK, H.S. 1970. Subdivisions physiographiques du Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Série de la géologie économique nº 1, 5e édition. Ottawa, Ontario. p. 9–30.

BOTTOMLEY, E.J. 1986. Wetlands and waterfowl of the St. Lawrence River in Ontario: an initial baseline study. Rapport provisoire. Service canadien de la faune, Environnement Canada et ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Ottawa et Toronto, Ontario. 54 p.

BOURGET, A. 1973. Inventaire de la sauvagine le long du Saint-Laurent, Québec, printemps 1972. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sainte-Foy, Québec.

BRIND'AMOUR, M., ET V. LAVOIE. 1983. Évaluation de la dynamique et de la productivité nette de la végétation des marais intertidaux, région de Québec. Faculté des Sciences de l'Agriculture et de l'Alimentation, Université Laval, Québec, Québec. 190 p.

BROWNELL, V.R. 1981. The small white lady's slipper (*Cypripedium candidum* Muhl. ex Wild.) in Canada: a status report. Direction de la faune, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Toronto, Ontario. Inédit. 1972. 72 p.

CANTIN, M.A., ET P. BLAIS. 1976. La végétation des Îles de Contrecoeur. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sainte-Foy, Québec. Inédit.

CANTIN, M.A., A. BOURGET, G. CHAPDELAINE, ET W.G. ALLISTON. 1976. Distribution et écologie de la reproduction du canard chipeau (*Anas strepera*) au Québec. Le Naturaliste canadien 103:469–481.

CANTIN, M.A., ET I. RINGUET. 1978. Les oiseaux des Îles de Contrecoeur. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sainte-Foy, Québec. Inédit. 70 p.

CARTER, V., M.S. BEDINGER, R.P. NOVITZKI, ET W.O. WILSON. 1978. Water resources and wetlands. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. Proceedings, National Symposium on Wetlands. P.E. Greeson, J.R. Clark et J.E. Clark, directeurs de publication. American Water Resources Association. Minneapolis, Minnesota. p. 344–376.

CATLING, P.M., ET S.M. MCKAY. 1980. Halophytic plants in southern Ontario. Canadian Field Naturalist 94(3):248–258.

CHABOT, D., ET M. MAYNARD. 1978. Analyse pollinique d'une tourbière de la forêt de Beauséjour, comté de Lévis, Québec. Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval. Québec, Québec. 57 p.

CHAMPAGNE, J., ET M. MELANÇON. 1985. Milieux humides de la région de Montréal, 1966–1981. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 39. Sainte-Foy, Québec. 21 p. et carte.

CHAPDELAINE, G., ET L.G. DE REPENTIGNY. 1975. Aménagement à Dundee : secteurs Therrien et Fraser. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sainte-Foy, Québec. Inédit.

CHOATE, J.G. 1973. Wildlife resources of the Saint John River Basin, New Brunswick. Préparé par le ministère des Richesses naturelles du Nouveau-Brunswick pour le Saint John River Basin Board. Frédéricton, Nouveau-Brunswick.

COMTOIS, P. 1979. Histoire holocène du climat et de la végétation à Lanoraie, Québec. Faculté des Arts et des Sciences, Université de Montréal. Montréal, Québec. 322 p.

COMTOIS, P. 1982. Histoire holocène du climat et de la végétation à Lanoraie, Québec. Journal canadien des sciences de la terre 19:1938–1952.

COUILLARD, L., ET P. GRONDIN. 1986. La végétation des milieux humides du Québec. Les publications du Québec. Ministère de l'Environnement du Québec. Québec, Québec. 376 p.

COUILLARD, L., P. GRONDIN, ET J. MILLET. 1985. Étude complémentaire de la végétation du lac Saint-Louis et du lac des Deux Montagnes, Archipel de Montréal : groupes écologiques de la

plaine de débordement et de la zone aquatique, patrons d'inondations clés de végétation potentielle, et plans de gestion. Préparée par Le Groupe Dryade Ltée pour le ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Volumes 1–5.

COX, E.T. 1972. Estimates of cleared wetlands in southern Ontario. Direction de la faune, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Toronto, Ontario. Inédit. 3 p.

DALE, H.J., ET D.W. HOFFMAN. 1969. Bogland ecosystem: some biogeographical units. Canadian Geographer 13:141–149.

DARVEAU, M., B. HOUDE, ET J.-L. DESGRANGES. 1987. Étude des effets de l'acidification sur la faune aquatique du Canada. Volume 1: Phyto-écologie de l'habitat des oiseaux lacustres du Québec. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Études écologiques (sous presse). Ottawa, Ontario.

DENNIS, D.G. (communication personnelle). Octobre 1986. Service canadien de la faune, Environnement Canada. London, Ontario.

DENNIS, D.G., G.B. MCCULLOUGH, N.R. NORTH, ET R.K. ROSS. 1984. Mise à jour de l'évaluation du nombre d'oiseaux aquatiques utilisant les rives ontariennes des Grands Lacs situés au sud durant leur migration. *Dans* Études sur les oiseaux aquatiques en Ontario, de 1973 à 1981. S.G. Curtis, D.G. Dennis et H. Boyd, directeurs de publication. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Publication hors-série nº 54. Ottawa, Ontario. p. 39–45.

DENNIS, D.G., ET N.R. NORTH. 1984a. Nombre d'oiseaux aquatiques utilisant les marais du lac St. Clair durant leurs migrations de 1968–1969, 1976–1977 et 1982. *Dans* Études sur les oiseaux aquatiques en Ontario, de 1973 à 1981. S.G. Curtis, D.G. Dennis et H. Boyd, directeurs de publication. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Publication hors-série nº 54. Ottawa, Ontario. p. 46–56.

DENNIS, D.G., ET N.R. NORTH. 1984b. Production d'oiseaux aquatiques des régions morainiques à proximité de London, Ontario. *Dans* Études sur les oiseaux aquatiques en Ontario, de 1973 à 1981. S.G. Curtis, D.G. Dennis et H. Boyd, directeurs de publication. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Publication hors-série nº 54. Ottawa, Ontario. p. 14–21.

DE REPENTIGNY, L.G. 1982. Compilation des observations ornithologiques de la région de la réserve nationale de faune des Îles de Contrecoeur. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sainte-Foy, Québec. Inédit.

DESGRANGES, J.-L., ET M. DARVEAU. 1985. Effect of lake acidity and morphometry on the distribution of aquatic birds in southern Quebec. Holarctic Ecology 8:181–190.

DESGRANGES, J.-L., ET B. HOUDE. 1987. Études des effets de l'acidification sur la faune aquatique du Canada. Volume 2 : Influence de l'acidité et d'autres paramètres environnementaux sur la distribution des oiseaux lacustres du Québec. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Études écologiques (sous presse). Ottawa, Ontario.

DORAN, M.A. 1981. Utilisation par la Grande Oie Blanche (*Anser caerulescens atlanticus*) de la végétation dans les marais intertidaux de la réserve nationale de Cap-Tourmente, Québec. Thèse de maîtrise, faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, Québec, Québec. 142 p.

DOYON, D. 1975. Étude éco-dynamique de la végétation du comté de Lévis. Service de la défense des cultures. Ministère de l'Agriculture du Québec. Mémoire nº 1. Québec, Québec. 428 p.

DUBOIS, J.M.M. 1974. Proposition des régions physiographiques pour les Cantons de l'Est : un apport à la classification de Bostock. Association des géographes de l'Université d'Ottawa. Géoscope 2:13–46.

DUCRUC, J.-P., ET G. AUDET. 1984. Esquisse préliminaire des districts écologiques du Québec méridional (régions administratives 03 et 05). Ministère de l'Environnement du Québec. Contributions des services des inventaires écologiques nº 7. Québec, Québec. 67 p.

DUNN, E.H., J. SIDERIUS, ET D.T. HUSSELL. 1981. Ontario herony inventory–introduction. Long Point Bird Observatory, Pointe Long, Ontario.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1986. Milieux humides le long du fleuve Saint-Laurent, 1950–1978. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 45. Ottawa, Ontario. 29 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, ET LE MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DE L'ONTARIO. 1984. Un système d'évaluation pour les terres humides de l'Ontario au sud du bouclier précambrien. Comité directeur Canada-Ontario sur l'évaluation des terres humides, Environnement Canada et le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Partie I : Rationnel et méthodologie du système d'évaluation. 72 p. Partie II : Cotation, 21 p. Partie III : Dossier signalétique des milieux humides, 25 p. Partie IV : Formule d'évaluation d'un milieu humide, 6 p. 2e édition. Toronto et Ottawa, Ontario.

ENVIRONNEMENT CANADA, ET LA PROVINCE DU QUÉBEC. 1985. Plan de gestion de la sauvagine au Québec. Ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Québec, Québec. 38 p.

FOUND, W.C., A.R. HILL, ET E.S. SPENCE. 1975. Economic and environmental impacts of land drainage in Ontario. Département de Géographie, Université York. Geographical monograph nº 6. Downsview, Ontario. 175 p.

GARTLEY, C. 1982. Reclamation of dykeland for agricultural production in New Brunswick. Compte rendu de la 7e réunion annuelle de l'Association canadienne de réhabilitation des sites dégradés. Septembre 1982. Sydney, Nouvelle-Écosse. 13 p.

GAUTHIER, B. 1982. L'étagement des plantes vasculaires en milieu saumâtre, estuaire du Saint-Laurent. Le Naturaliste canadien 109:189–203.

GILBERT, G., R.G. HÉLIE, ET J.M. MONDOUX. 1985. Écorégions et écodistricts du Québec. *Dans* Sensibilité de l'écosystème aux précipitations acides au Québec. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire, nº 20. Partie A. Ottawa, Ontario. p. 1–76.

GLOOSCHENKO, V. 1983. Development of an evaluation system for wetlands in southern Ontario. Wetlands 3:192–200.

GLOOSCHENKO, V. 1985. Characteristics of provincially significant wetlands as assessed by the Ontario evaluation system. *Dans* Coastal wetlands. H.H. Prince et F.M. D'Itri, directeurs de publication. Lewis Publishers Inc. Chelsea, Michigan. p. 187–199.

GLOOSCHENKO, V., J.H. ARCHBOLD, ET J.M. WENINGER. 1987a. The importance of swamp wetland habitat in southern Ontario. *Dans* Proceedings, Wetlands/Peatlands '87 Symposium. Du 23 au 27 août 1987. Edmonton, Alberta. p. 275–285.

GLOOSCHENKO, V., J.H. ARCHBOLD, ET D. HERMAN. 1987b. The Ontario Wetland Evaluation System: replicability and bird habitat selection. *Dans* The ecology and management of wetlands, compte-rendu du International Symposium on the Ecology and Management of Wetlands. D.D. Hook *et al.*, directeurs de publication. Timber Press, Portland, Oregon.

GOLET, F.C. 1972. Classification and evaluation of freshwater wetlands as wildlife habitats in the glaciated northeast. Thèse de doctorat, Université du Massachusetts, Amherst, Massachusetts. 179 p.

GOLET, F.C. 1973. Classification and evaluation of freshwater wetlands as wildlife habitats in the glaciated northeast. *Dans* Compte rendu, Northeast Fish and Wildlife Conference. Mount Snow, Vermont.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. Régions de terres humides du Canada. *Dans* Canada—Les terres humides. Dossiers cartographiques. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

GUIMOND, A., P. GRONDIN, ET R. DUBUC. 1985. Développement d'une méthodologie de cartographie des tourbières par images satellite. Préparé par Le Groupe Dryade pour le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Québec, Québec. 58 p.

HALL, R.A. 1971. Land use and waterfowl habitat studies whithin the lower Saint John River Basin. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sackville, Nouveau-Brunswick. Inédit.

HAYES, B.N. 1964. An ecological study of wet prairie on Harsen's Island, Michigan. Michigan Botanist 3:71–82.

HIRVONEN, H.E. 1984. The Atlantic region of Canada: an ecological perspective. Direction générale des terres, Environnement Canada. Dartmouth, Nouvelle-Écosse. 28 p.

HOUNSELL, R.G. 1985. Ecosystem classification mapping of the forested areas of Portobello Creek National Wildlife Area. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sackville, Nouveau-Brunswick. Inédit. 10 p.

HUDGINS, E.J. 1983. Workbook for the initiation of the New Brunswick freshwater wetlands inventory. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sackville, Nouveau-Brunswick. Inédit. 84 p.

HUIKARI, O. 1952. Suotyypion manaaritys maaja netsa talorurvua silmalla pitarm. Silvafan, F.E. VIV. Volume 75. p. 1–22.

HUMMEL, M. 1981. Wetland wildlife values. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. Fédération des naturalistes de l'Ontario. Les 18 et 19 septembre 1981. Toronto, Ontario. p. 27–32.

INGRAM, H.A.P. 1983. Hydrology. *Dans* Ecosystems of the world. Volume 4A. Mires: swamp, bog, fen, and moor. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 67–158.

JACQUES, D., ET C. HAMEL. 1982. Système de classification des terres humides du Québec. Laboratoire des études sur les macrophytes aquatiques, Département des sciences biologiques, Université du Québec à Montréal, pour la Direction générale de la faune, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. Québec, Québec. 131 p.

JEGLUM, J.K., A.N. BOISSONNEAU, ET V.F. HAAVISTO. 1974. Toward a wetland classification for Ontario. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Rapport d'information 0-X-215. Sault-Sainte-Marie, Ontario. 54 p.

JOYAL, R. 1970. Description de la tourbière à sphaignes, Mer Bleue près d'Ottawa. I : Végétation. Journal canadien de botanique 48:1405–1418.

KADLEC, R.H. 1981. How natural wetlands treat wastewater. *Dans* Compte rendu, Midwest Conference on Wetland Values and Management. R. Brandt, directeur de publication. St. Paul, Minnesota. p. 241–254.

KEDDY, P.A., ET A.A. REZNICEK. 1985. Vegetation dynamics, buried seeds, and water level fluctuations on the shorelines of the Great Lakes. *Dans* Coastal wetlands. H.H. Prince et F.M. D'Itri, directeurs de publication. Lewis Publishers Inc. Chelsea, Michigan. p. 33–58.

KUBURSI, A.A. 1981. The economic impact of wildlife-related expenditures in 1979. Econometrics Research Limited. Étude commandée par le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Toronto, Ontario.

LACOURSIÈRE, E. 1969. Etude écologique de la végétation riparienne entre Sainte-Famille et la Pointe d'Argentenaye à l'Île d'Orléans. Thèse de maîtrise, faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, Québec, Québec. 150 p.

LACOURSIÈRE, E., ET M.M. GRANDTNER. 1971. Contribution à l'étude écologique de la végétation riparienne de l'Île d'Orléans. Le Naturaliste canadien 98:443–459.

LACOURSIÈRE, E., ET M.M. GRANDTNER. 1972. Les groupements végétaux ripariens entre Sainte-Famille et la Pointe d'Argentenaye, Île d'Orléans, Québec. Le Naturaliste canadien 99:469–507.

LAIDLAW, S.A. 1978. A report concerned with the loss of wetlands in southern Ontario. Rapport préparé pour le Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Toronto, Ontario. 118 p.

LAMOUREUX, J.P. 1969. Proposition : La baie Lavalliere, une réserve nationale de la faune. Service canadien de la faune, ministère canadien des Affaires indiennes et du Nord, Québec, Québec. 43 p.

LAPERLE, M. 1969a. A waterfowl ecological nesting study at Îles-de-la-Paix, Lake St. Louis, Quebec. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Sainte-Foy, Québec. Inédit.

LAPERLE, M. 1969b. Plan d'aménagement : Réserve national de la faune des Îles-de-la-Paix. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Sainte-Foy, Québec. Inédit.

LAROUCHE, A. 1980. Histoire post-glaciaire comparée de la végétation à Sainte-Foy et au Mont des Éboulements, Québec, par l'analyse macrofossile et l'analyse pollinique. Faculté de Foresterie et de Géodésie, Université Laval, Québec, Québec. 117 p.

LE GROUPE DRYADE. 1980. Habitats propices aux oiseaux migrateurs le long des rives de la rivière des Outaouais, de la rivière Richelieu, du fleuve Saint-Laurent, de l'estuaire du Saint-Laurent, de la Côte Nord du golfe du Saint-Laurent, de la péninsule gaspésienne, des Îles-de-la-Madeleine. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Sainte-Foy, Québec. Inédit. 65 p. et atlas de cartes à 1/20 000.

LE GROUPE DRYADE. 1981. Habitats propices aux oiseaux migrateurs. Analyse des pertes de végétation riveraine le long du Saint-Laurent, entre Cornwall et Matane (1945–1960, 1960–1976). Service canadien de la faune, Environnement Canada, Sainte-Foy, Québec. Inédit. 65 p.

LEHOUX, D., A. BOURET, P. DUPUIS, ET J. ROSA. 1985. La sauvagine dans le système du Saint-Laurent. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Sainte-Foy, Québec. 76 p. et annexes.

LEMAY, M.H. 1980. Assessment of the effects of urbanization as a basis for the management of the waterfront marshes between Toronto and Oshawa, Ontario. Thèse de maîtrise, Université de Waterloo, Waterloo, Ontario. Inédit. 280 p.

LEMIEUX, S. 1978. Les oiseaux de la Réserve nationale de faune du Cap-Tourmente, Québec. Le Naturaliste canadien 105:177–193.

LÉVESQUE, M.P., P. RICHARD, ET H. DINEL. 1978. Pollen and micromorphological analysis of two peats in southwestern Quebec. Journal canadien de la science de sol 58(4):525–528.

LYNCH-STEWART, P. 1983. Changements d'utilisation des milieux humides au sud du Canada : aperçu et bibliographie. Direction générale des terres, Environnement Canada, Document de travail nº 26, Ottawa, Ontario. 126 p.

MATHUR, S.P., M.P. LÉVESQUE, ET P. RICHARD. 1982. The establisment of synchrony between subsurface layers and estimation of overall subsidence of cultivated organic soils by a palynological method. Journal canadien de la science de sol 62:427–431.

MCCULLOUGH, G.B. 1981. Wetland losses in Lake St. Clair and Lake Ontario. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference, A. Champagne, directeur de publication, Fédération des naturalistes de l'Ontario, Les 18 et 19 septembre 1981, Toronto, Ontario. p. 81–89.

MCKEATING, G. 1983. Plan d'aménagement : Réserve nationale de la faune de Pointe Long. Service canadien de la faune, Environnement Canada, London, Ontario. 72 p.

METRAS, L. 1985. Les oiseaux migrateurs abattus au Canada pendant la saison de chasse de 1983. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Cahier de biologie nº 154, Ottawa, Ontario. 39 p.

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DE L'ONTARIO. 1981. Plan directeur pour les terrains marécageux de l'Ontario—document de travail, Queen's Park, Toronto, Ontario. 15 p.

MINISTÈRE DES RICHESSES NATURELLES DE L'ONTARIO. 1984. Directives sur la gestion des terres humides en Ontario, Queen's Park, Toronto, Ontario. 3 p.

OBERTS, G.L. 1981. Impact of wetlands on watershed water quality. *Dans* Compte rendu, Midwest Conference on Wetland Values and Management, R. Brandt, directeur de publication, St. Paul, Minnesota. p. 213–227.

OUELLET, H. 1974. Les oiseaux des collines montérégiennes et de la région de Montréal, Canada. Publication de zoologie nº 5, Musées nationaux du Canada, Ottawa, Ontario.

PAGEAU, G., Y. GRAVEL, ET C. LÉVESQUE. 1971. The icthyofauna and flora of Lake St. Louis on the St. Lawrence River near Montreal, Quebec: general features and recent changes. *Dans* Compte rendu, 14th Conference on Great Lakes Research, Toronto, Ontario. p. 79–89.

PAGEAU, G., ET C. LÉVESQUE. 1970. Influence respective des eaux du Saint-Laurent et de

l'Outaouais sur les poissons et les plantes du Lac Saint-Louis. *Dans* Travaux en cours en 1965. Service de la faune, ministère du Loisir, de la Chasse et de la Pêche du Québec. p. 1–21.

PALA, S., ET A. BOISSONNEAU. 1985. Remote sensing inventory of peatlands, Kingston–Belleville. Centre ontarien de télédétection, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Toronto, Ontario.

PATTER, M.V., ET S. HILTS. 1985. Some important wetlands of Ontario south of the Precambrian Shield. Fédération des naturalistes de l'Ontario. Don Mills, Ontario. 103 p.

PRASSAD, R. 1961. The hydrology of a swamp near Guelph, Ontario. Thèse de maîtrise, Université de Toronto, Toronto, Ontario. 35 p.

RAI, R.K. 1962. Relationship of groundwater levels to streamflow from a swamp. Thèse de maîtrise, Université de Toronto, Toronto, Ontario.

REED, A., ET A.D. SMITH. 1972. Man and waterfowl in tidal shorelines of eastern Canada. *Dans* Compte rendu, Coastal Zone Seminar. Du 21 au 23 mars 1972. Institut océanique de Bedford. Dartmouth, Nouvelle-Écosse.

REID, R., ET P. KEEPING. 1979. Wetlands in southern Ontario: conservation authority actions and attitudes. Rapport préparé pour la Fédération des naturalistes de l'Ontario. Don Mills, Ontario. 8 p.

RICHARD, P. 1971. Two pollen diagrams from the Quebec City area, Canada. Pollen et Spores 13(4):523–529.

RICHARD, P. 1973. Histoire postglaciaire de la végétation dans la région de Saint-Raymond de Portneuf, telle que révélée par l'analyse pollinique d'une tourbière. Le Naturaliste canadien 100:561–575.

RICHARD, P. 1977. Histoire post-wisconsinienne de la végétation du Québec méridional par l'analyse pollinique. Service de la recherche, Direction générale des forêts, ministère des Terres et Forêts du Québec. Québec, Québec. Volume 1, 312 p., Volume 2, 142 p.

RICHARD, P. 1978. Histoire tardiglaciaire et postglaciaire de la végétation au mont Shefford Québec. Géographie physique et Quaternaire 32(1):81–93.

RILEY, J. 1983. Peatland inventory project. Geological Survey, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Miscellaneous Paper nº 119. Toronto, Ontario.

RINGUET, I., ET L.G. DE REPENTIGNY. 1982. Les réserves nationales de faune au Québec. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sainte-Foy, Québec.

ROSS, R.K. 1984. Nombre d'oiseaux aquatiques utilisant les principales rives de l'est de l'Ontario durant leur migration. *Dans* Études sur les oiseaux aquatiques en Ontario, de 1973 à 1981. S.G. Curtis, D.G. Dennis et H. Boyd, directeurs de publication. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Publication hors série nº 54. Ottawa, Ontario. p. 57–68.

ROULET, N. 1985. The hydrological response of wetlands in southern Ontario. Université de Toronto. Toronto, Ontario. Inédit.

RUMP, P.C. 1983. Land Use monitoring in Canada. *Dans* Compte rendu, International Conference on Renewable Resources Inventories for Monitoring Changes and Trends. Corvallis, Oregon. 4 p.

RUTHERFORD, L.A. 1979. The decline of wetlands in southern Ontario. Thèse de B.E.S., Université de Waterloo, Waterloo, Ontario. Inédit. 68 p.

SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE. 1981. Harvest summary of ecological zones. Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

SERVICE CANADIEN DE LA FAUNE. 1982. Cooperative wetlands inventory in the Maritimes. *Dans* Compte rendu de la 46e Conférence fédérale-provinciale sur la faune. Ottawa, Ontario. p. 13–16.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. 1982. Normales climatiques au Canada, 1951–1980. Volume 2 : Température; Volume 3 : Précipitations; Volume 4 : Degré-jours. Environnement Canada. Downsview, Ontario.

SNELL, E.A. 1982. An approach to mapping the wetlands of southern Ontario. *Dans* Compte rendu, Preconference Session, Ontario Wetland Conference. M.J. Bardecki, directeur de publication. Département de géographie appliquée, Ryerson Polytechnical Institute. Occasional Paper. Toronto, Ontario. p. 1–26.

SNELL, E.A. 1987. Répartition et conversion des milieux humides dans le sud de l'Ontario. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 48. Ottawa, Ontario. 58 p.

TARNOCAI, C. (communication personnelle). Février 1986. Centre de recherches sur les terres, Agriculture Canada. Ottawa, Ontario.

TARNOCAI, C. 1980. Canadian wetland registry. *Dans* Compte rendu d'un atelier sur les terres humides du Canada. C.D.A. Rubec et F.C. Pollett, directeurs de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire, nº 12. Ottawa, Ontario. p. 9–38.

TAYLOR, C.H. 1982. The effect on storm runoff response of seasonal variations in contributing zones in small watersheds. Nordic Hydrology 13:165–182.

TAYLOR, C.H., ET D.C. PIERSON. 1985. The effect of a small wetland on runoff response during spring snowmelt. Atmospheric Oceanography 23:137–154.

TESSIER, C., A. MAIRE, ET A. AUBIN. 1981. Étude de la végétation des zones riveraines de l'archipel des Cent-Îles du fleuve Saint-Laurent

(Québec). Journal canadien de botanique 59(8):1526–1536.

VERRY, E.S., ET D.H. BOELTER. 1978. The influence of bogs on the distribution of streamflow by small bog–upland catchments. *Dans* Compte rendu, Hydrology of marsh-ridden areas, Symposium de l'UNESCO. Publication de l'UNESCO nº 105. New York, New York. p. 469–478.

VREEKEN, W.J. 1981. Distribution and chronology of freshwater marls between Kingston and Belleville, Ontario. Journal canadien des sciences de la terre 18:1228–1239.

WHITLEY, H.R. 1975. The origins and chemical composition of streamflow in Blue Spring Creek, Ontario. Thèse de doctorat, Université de Guelph, Guelph, Ontario.

WHITLEY, H.R., ET R. IRWIN. 1986. The hydrological response of wetlands in southern Ontario. Document présenté à la Revue canadienne des ressources en eau.

WHITMAN, W. 1968. Proposed Portobello Creek National Wildlife Area, Sunbury County, New Brunswick. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sackville, Nouveau-Brunswick. Inédit.

WILE, J., G. PALMATEER, ET G. MILLER. 1981. Use of artificial wetlands for wastewater treatment. *Dans* Compte rendu, Midwest Conference on Wetland Values and Management. R. Brandt, directeur de publication. St. Paul, Minnesota. p. 225–272.

WOO, M.-K., ET J. VALVERDE. 1981. Summer streamflow and water level in a mid-latitude forested swamp. Forest Science 27:177–189.

WRIGHT, B.S. 1967. Waterfowl breeding ground survey Saint John Estuary, New Brunswick. Northeastern Wildlife Station. Frédéricton, Nouveau-Brunswick. 6 p.

ZOLTAI, S.C. 1978. A portable sampler for perennially frozen stone-free soils. Journal canadien de la science de sol 58:521–523.

ZOLTAI, S.C., F.C. POLLETT, J.K. JEGLUM, ET G.D. ADAMS. 1975. Developing a wetland classification for Canada. *Dans* Compte rendu, 4th North American Forest Soils Conference. B. Bernier et C.H. Winget, directeurs de publication. Les Presses de l'Université Laval, Québec, Québec p. 497–511.

7 Terres humides atlantiques du Canada

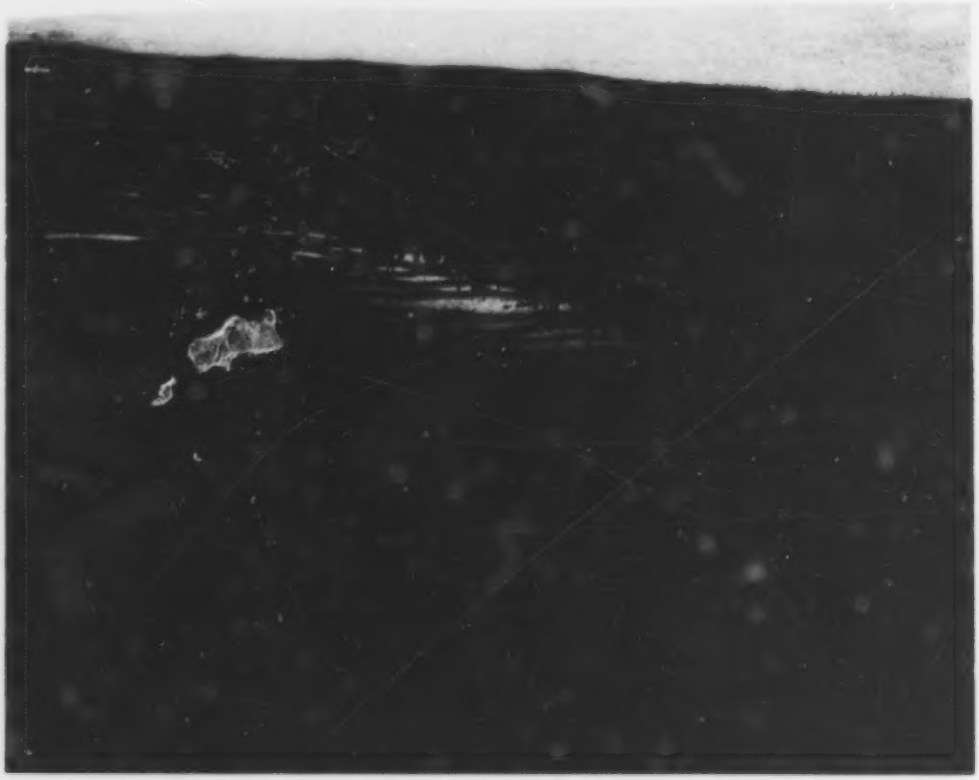
E.D. Wells
H.E. Hirvonen

Collaborateurs :
Marais salés atlantiques du Canada
D.B. Scott
K.D. MacKinnon
F.S. Medioli

Marais d'eau douce atlantiques
R.I. Goudie
E. Hudgins
A.D. Smith

Valeurs des terres humides atlantiques
D.G. Keys
A.R. Anderson

Terres humides atlantiques du Canada



Les cinq provinces orientales du Canada renferment des terres humides constituées principalement de fens et de bogs de tourbière et de marais d'eau douce ou de marais salés de rivage. Ce chapitre décrit l'écologie et la forme de ces milieux et traite de leurs valeurs et de leur utilisation.

Cadre naturel

Physiographie

La région des terres humides atlantiques englobe une masse terrestre de 563 500 km² répartie comme suit : le Labrador (53 %), Terre-Neuve (22 %), le Nouveau-Brunswick (14 %), la Nouvelle-Écosse (10 %) et l'Île-du-Prince-Édouard (1 %). La Côte-Nord du Québec comprend aussi plusieurs sous-régions étudiées dans ce chapitre. La région des terres humides atlantiques s'étend d'environ la latitude 43°20'N en Nouvelle-Écosse jusqu'au nord de la latitude 60°N au cap Chidley, au Labrador. Elle est caractérisée par des plaines côtières, des plateaux onduleux et des montagnes accidentées qui s'élèvent à plus de 1 600 m au-dessus du niveau de la mer (ANM) ainsi que par un littoral segmenté et souvent échancré d'une longueur de 26 500 km.

Du point de vue climatique, topographique et écologique, c'est une des régions les plus diversifiées de tout le Canada. Les vergers de la vallée de l'Annapolis, en Nouvelle-Écosse contrastent fortement avec les terres exposées et dénudées d'arbres d'une grande partie du Labrador; de même, les falaises côtières et les landes battues par les vents d'une grande partie du sud de Terre-Neuve contrastent énormément avec les plages et les dunes de l'Île-du-Prince-Édouard (Hirvonen, 1984).

La Nouvelle-Écosse est une plaine élevée et érodée qui plonge sous l'océan Atlantique au sud et s'élève jusqu'au nord du Cap-Breton et au sud du Nouveau-Brunswick. Cette plaine est plate, rocheuse et mal drainée le long de la côte et devient de plus en plus irrégulière et ondulée à l'intérieur (Roland et Smith, 1969). Par endroits, des dépôts marins et l'assise rocheuse calcaire influencent la richesse des sols dans le nord de la Nouvelle-Écosse et dans certaines régions de l'île du Cap-Breton. Une grande étendue de basses terres relie la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick, et des milliers d'hectares de tourbières, de marais à massettes et de terres abandonnées, endiguées et excavées, forment les marais Tantramar.

La plupart du Nouveau-Brunswick est plus accidente que la Nouvelle-Écosse, par conséquent un drainage rapide restreint la formation de terres humides. La partie centre-nord est constituée de hautes terres, vastes et accidentées, pouvant atteindre jusqu'à 900 m. D'autres secteurs accidentés se trouvent dans le centre-ouest, le long du cours supérieur des rivières Miramichi et Tobique, et dans les hautes terres du sud. Par contre, l'est du Nouveau-Brunswick est caractérisé par un terrain généralement plat, renfermant de grandes bandes de terres mal drainées. Il y a donc énormément de bogs. Ces régions sont dominées par une moraine glaciaire et des dépôts marins qui reposent sur une assise rocheuse sédimentaire plate.

L'Île-du-Prince-Édouard est caractérisée par une topographie ondulée généralement peu accidentée. L'assise rocheuse est constituée de grès. Par conséquent, les dépôts glaciaires et les sols sont donc formés de loam pur ou sableux. A cause de la présence de composés ferreux dans la matière originelle, les sols ont une couleur rouge caractéristique. Les systèmes de dunes et de plages les mieux formés des terres atlantiques se trouvent le long des rives nord de l'île et s'étendent le long du littoral du détroit de Northumberland, au Nouveau-Brunswick.

À cause de longues périodes d'érosion glaciaire et climatique, une grande partie de Terre-Neuve, est formée de pénéplaines caractérisées par un relief relativement peu accidenté. Les parties élevées coincident avec une assise rocheuse de granit résistant car les autres sortes d'assises rocheuses ont été érodées avec le temps. Les principales vallées et les principaux lacs se trouvent le long de failles. L'érosion glaciaire a créé un littoral échancré, constitué de fjords et de collines abruptes. Des vallées submergées, comme les baies Fortune, Conception et Trinity, atteignent des profondeurs de plus de 300 m sous le niveau de la mer et sont caractérisées par des parois de 300 à 600 m de haut. Le long de la péninsule Northern, le soulèvement des sédiments marins côtiers lors du retrait du glacier a créé des fjords d'eau douce à l'intérieur des terres. Des colluvions éclatés par le gel couvrent une grande partie des monts Long Range adjacents, tandis que des dépôts morainiques peu profonds caractérisent une grande partie du reste de l'île. Par contre, les vallées de l'ouest de Terre-Neuve sont formées de terrasses fluvio-glaciaires profondes, avec des moraines profondes latérales. On y trouve également des dépôts lacustres étendus. Étant donné les bons sols qui se sont formés sur ces dépôts, la vallée Humber de cette région renferme certaines des meilleures terres agricoles de la province (Hirvonen, 1984).

La géologie sous-jacente du Labrador, qui s'étend dans l'est du Québec, est essentiellement un plateau précambrien et fait partie du Bouclier canadien modifié par le soulèvement, le plissement, la glaciation et l'érosion. Les montagnes caractérisent le nord-est où les monts Kaumajet, Kiglapait et la chaîne Torngat s'élèvent 1 500 m au-dessus du niveau de la mer. Les chaînes Benedict et Mealy forment les autres principales concentrations de terrain montagneux. Le littoral est très échancré et comporte bon nombre d'îles dénudées et des fjords s'étendant sur plusieurs kilomètres à l'intérieur des terres. Le bras de rivière Hamilton, le plus long du genre, atteint 245 km. Des roches intrusives, composées surtout de granit acide et de roches associées, dominent la géologie de l'assise rocheuse. L'ouest du Labrador renferme la plus importante concentration de l'assise rocheuse sédimentaire. Cette formation est caractérisée par des sols rouges, riches en fer.

Les sols de la partie atlantique du Canada sont caractérisées par des podzols acides et à texture généralement grossière et la lixiviation des éléments nutritifs des sols est chose courante. Selon le Système canadien de classification des sols (Comité canadien de pédologie, 1978), la plupart des podzols sont soit humo-ferriques, soit ferro-humiques. La cimentation

du carbone organique (C), du fer (Fe) et de l'aluminium (Al) lessivés a formé des fragipans répandus (généralement à moins de 50 cm de la surface). Avec le temps, ces fragipans mal drainés donnent lieu à la formation de marais et de bogs. Les principaux sols associés sont : les brunisols dystriques qui se forment souvent sur les dépôts fluvio-glaciaires à texture grossière à travers les terres atlantiques les gleysols caractéristiques des sols minéraux mal drainés; les sols organiques qui forment les bogs et les autres terres humides organiques; et les luvisols formés sur des dépôts marins et lacustres à texture fine.

Les bogs et les fens à palse, tourbières à pergélisol, sont éparpillés à travers tout le Labrador mais se concentrent dans les parties côtières. La podzolisation est le principal processus de formation des sols au sud de la zone de pergélisol continu. Un fragipan se forme parfois à moins d'un mètre environ de la surface. Cette couche imperméable empêche le drainage et permet la formation de terres humides, malgré la texture grossière du sol et sa perméabilité au-dessus et au-dessous du fragipan. A certains endroits, comme le long du fleuve Churchill et au cap Porcupine, entre les baies Sandwich et Groswater, les fragipans ont une épaisseur de plus d'un mètre—ce qui distingue les podzols du Labrador de la formation normale de fragipans dans les sols podzoliques dans le reste du pays (Hirvonen, 1984).

L'activité pédologique minimale dans le nord du Labrador est attribuable à la cryoturbation ou à la géliturbation. Les cryosols, des sols contenant du pergélisol, dominent au nord de la limite des arbres et se trouvent dans certaines matières organiques des forêts boréales. On trouve des cryosols plus au sud dans des sols minéraux. Les chaînes Mealy au Labrador ou Long Range de la péninsule Northern, à Terre-Neuve, en comportent dans leurs parties les plus élevées.

Les sols de Terre-Neuve sont acides sauf pour ceux dérivés d'assises rocheuses de calcaire ou de serpentine le long de la côte ouest. Les sols podzoliques et organiques dominent. Étant donné la topographie adoucie, une grande partie des podzols sont imparfaitement ou mal drainés.

Climat

L'océan Atlantique et les eaux associées ont une influence marquée sur le climat et donc sur l'écologie des terres atlantiques. Les régions côtières sont soumises à de fortes modifications par les eaux de mer. Les périodes sans gel dans ces régions peuvent durer presque 200 jours, tandis qu'à l'intérieur du Nouveau-Brunswick et du Labrador, cette période ne dure que 40 à 50 jours. En outre, les terres côtières peuvent recevoir des précipitations annuelles de 2 000 mm. Ce total diminue généralement à l'intérieur des terres et sous les latitudes plus au nord. La région du cap Chidley au Labrador, par exemple, reçoit des précipitations annuelles moyennes de 500 mm.

Les températures saisonnières reflètent de manière caractéristique l'influence maritime sur le climat régional. Les étés, sauf exceptions locales, sont assez chauds, les températures quotidiennes moyennes atteignant 18°C. Dans les endroits exposés et au Labrador, la moyenne est quelque peu inférieure. Les températures quotidiennes moyennes en hiver sont plus variables. Les régions côtières des Maritimes et de Terre-Neuve ont des températures douces, variant de -2 à -5°C. Les températures à l'intérieur des terres peuvent varier de -10°C dans les régions abritées à -24°C ou moins dans les régions exposées des plateaux et des montagnes. Le pergelisol est sporadique dans tout le Labrador et continu dans les régions nord du plateau. La limite des arbres s'étend jusqu'à la baie Okak dans le nord du Labrador, malgré la présence de landes le long de la majeure partie du littoral de Terre-Neuve et du Labrador.

Régions de terres humides atlantiques

Les terres humides sont une caractéristique importante du Canada atlantique. Il existe des bogs profonds et parfois très vastes dans presque tout le nord-est du Nouveau-Brunswick et dans des parties du sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. A Terre-Neuve et au Labrador, les bogs et les fens abondent. Il existe des marais salés, parfois très étendus, le long de la baie de Fundy et du détroit de Northumberland, ainsi que sur la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse. Des marais d'eau douce se sont formés le long des rivières et des lacs de la région, mais abondent surtout le long de la rivière Saint-Jean et dans les basses terres de la région de Sackville–Amherst.

On a identifié cinq régions de terres humides, y compris 10 sous-régions, pour la majeure partie du Canada atlantique (figure 7–1, tableau 7–1) (Groupe de travail national sur les terres humides, 1986). Les régions de terres humides qui couvrent la majorité du Canada atlantique sont la région boréale atlantique (BA) avec ses subdivisions de l'Acadie (BAa), de la côte (BAc), de l'est (BAe), du golfe (BAg), de l'intérieur (BAi), des Maritimes (BAm), du nord (BAn) et océanique (BAo); la région subarctique atlantique (SA), avec ses subdivisions de la côte (SAc) et océanique (SAo); et les régions des montagnes de l'Est (ME) et de l'Océanique atlantique (OA). Des parties de la région tempérée de l'Est (TE) couvrent l'ouest du Nouveau-Brunswick comme on l'a indiqué au chapitre 6. La pointe nord du Labrador qui se trouve dans la région des terres humides du Bas-Arctique (AB) a été étudiée au chapitre 2. Les divisions des régions subarctiques, boréales, océaniques et tempérées se fondent principalement sur des différences climatiques continentales et/ou mondiales; cela a permis d'identifier des régions distinctes de terres humides de l'Atlantique en fonction de ces caractéristiques climatiques. La région des terres humides des mon-

tagnes de l'Est est définie principalement en fonction de caractéristiques topographiques. La détermination des sous-régions se fonde principalement sur les variations locales du climat, de la topographie, de la géologie, de la hauteur et de la proximité des terres côtières.

La formation de terres humides est influencée par un ensemble de facteurs biotiques et abiotiques. Les terres humides d'eau douce sont particulièrement sensibles aux conditions hydrologiques lors des premiers stades de leur formation alors qu'ultérieurement elles sont régies davantage par des facteurs climatiques. Ainsi, les limites de bon nombre de régions et de sous-régions de terres humides sont tributaires de l'abondance et de la distribution des tourbières. La formation de marais salés, toutefois, est influencée surtout par les fluctuations des marées et du lavage ultérieur qui apporte et exporte des éléments nutritifs du système. Ce chapitre décrit en détail les principales classes de terres humides du Canada dans les régions de l'Atlantique—bogs, fens et marais d'eau douce et marais salés—ainsi que les processus et les facteurs responsables de leur formation. En outre, on étudie les valeurs économiques et les attraits récréatifs de ces terres humides.

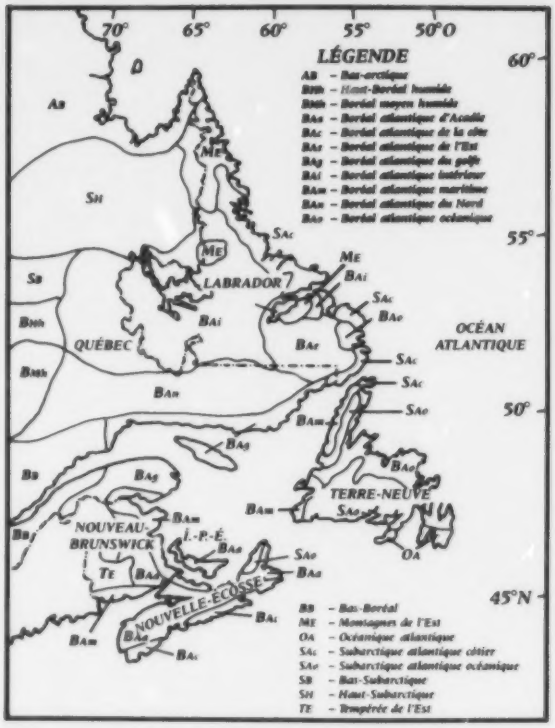


Figure 7–1.
Les régions et sous-régions de terres humides du Canada atlantique.

Tourbières atlantiques

Les tourbières sont répandues dans la majeure partie de Terre-Neuve et du Labrador, dans l'est et le sud du Nouveau-Brunswick et le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Leur étendue et leur volume au Canada atlantique ont été estimés récemment à 6 737 200 ha comprenant environ 264 milliards de mètres cubes de tourbe (tableau 7–2). La superficie totale des tourbières de cette région représente environ 6 % des 111 328 000 ha de tourbières présentes dans les régions boréales et subarctiques du Canada (Tarnocai, 1984).

Au cours des 10 dernières années, on s'est de nouveau intéressé au potentiel des tourbières étant donné l'augmentation rapide des prix du pétrole et de l'incertitude entourant les futures sources d'énergie. On a terminé les inventaires des tourbes horticoles et combustibles de Terre-Neuve (Northland Associates Ltd., 1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1984), de la Nouvelle-Écosse (Anderson et Broughm, en préparation), du Nouveau-Brunswick (Keys et Henderson, en préparation) et de l'Île-du-Prince-Édouard (Graham and Associates Ltd., 1974). Des inventaires incomplets couvrent des parties de la région de la Côte-Nord au Québec (Simard, 1976; Buteau, 1984).

On a aussi terminé les classifications phytosociologiques, morphologiques et écologiques des tourbières de Terre-Neuve, du Labrador et du Québec (Pollett, 1972a, 1972b; Wells, 1981; Pollett et Wells, 1980; Pollett et Bridgewater, 1973; Wells et Pollett, 1983; Gauthier, 1981; Dumont et Gauthier, 1982; Guimond *et al.*, 1983; Gerardin *et al.*, 1984). Comme ces classifications peuvent, à quelques exceptions près, s'appliquer aux tourbières de tout le Canada atlantique, on en étudiera brièvement les caractéristiques dans cette section. Cette section traitera également des divers processus et facteurs responsables de la formation des tourbières.

Bogs et fens du Canada atlantique

Même si les notions de bog et de fen sont généralement comprises et acceptées dans le monde entier, il est parfois difficile de définir et de classer les deux écosystèmes. Les caractéristiques distinctives de chaque catégorie, comme la morphologie, la physionomie, la flore et l'état des éléments nutritifs, ne sont pas toujours interprétées et appliquées uniformément. De plus, les systèmes de classification basés sur quelqu'une de ces caractéristiques peuvent avoir une application restreinte à l'extérieur de la région géographique ou du pays pour lequel ils ont été élaborés. Ainsi, cette étude des différences entre les écosystèmes des bogs et des fens au Canada atlantique permettra de mieux comprendre la distribution, l'écologie et la flore de ces tourbières.

Les bogs et les fens peuvent se former de la même manière par la croissance annuelle et l'accumulation de restes végétaux sur des sols mal drainés (figure 7–2). Toutefois, les bogs sont si pauvres en éléments nutritifs ("ombrotrophes"), qu'ils reçoivent seulement de sources atmosphériques (par exemple, les

Tableau 7–1. Caractéristiques des régions et sous-régions de terres humides atlantiques du Canada

Régions/ sous-régions de terres humides	*Caractéristiques*
BA	***BORÉAL ATLANTIQUE***—Climat maritime à hiver froid, été frais et présence fréquente de brume. Les précipitations annuelles varient de 950 à 1 500 mm.
BAa	***BORÉAL ATLANTIQUE D'ACADIE***—Les terres humides caractéristiques sont les bogs bombés (de 5 à 8 m d'épaisseur) et les marécages de bassin dominés par l'épinette noire, le mélèze laricin et l'érable rouge. Des marais salées se trouvent dans la baie de Fundy. Les fens sont rares.
BAc	***BORÉAL ATLANTIQUE DE LA CÔTE***—Les terres humides caractéristiques sont les bogs bombés, les fens inclinés et de ruisseaux et les marais salés. L'épaisseur de la tourbe varie de 5 m dans les bogs à moins de 2 m dans les fens.
BAe	***BORÉAL ATLANTIQUE DE L'EST***—Vastes zones de bogs structurés et de fens côtelés de l'Atlantique; la profondeur moyenne de la tourbe est de 1.5 m.
BAg	***BORÉAL ATLANTIQUE DU GOLFE***—De rares terres humides; par endroits, des marécages de bassin (environ 2 m de profondeur) caractérisés par la présence de l'épinette noire, du cèdre ou du frêne noir.
BAi	***BORÉAL ATLANTIQUE INTÉRIEUR***—Les fens côtelés de l'Atlantique structurés abondent; les bogs de bassin peu profonds (moins de 1 m) et les fens inclinés se trouvent dans les bas plateaux.
BAm	***BORÉAL ATLANTIQUE MARITIME***—Les bogs bombés et les bogs de plateau de l'Atlantique, de 7 à 10 m de profondeur, se trouvent dans les Maritimes; les bogs de plateau de l'Atlantique de 2 à 4 m d'épaisseur et les fens inclinés se trouvent dans l'ouest de Terre-Neuve.
BAn	***BORÉAL ATLANTIQUE DU NORD***—Les bogs structurés et les fens côtelés de l'Atlantique de 1 à 2 m d'épaisseur sont les plus courants; il y a des bogs bombés et de bassins et des marécages de bassin épars.
BAo	***BORÉAL ATLANTIQUE OCÉANIQUE***—Les bogs bombés et structurés abondent au Labrador; les bogs bombés et inclinés et les fens inclinés sont courants à Terre-Neuve.
ME	***MONTAGNES DE L'EST***—Dans les régions de bas-plateaux (montagnes et collines) à hiver très froid et été frais, les fens inclinés et côtelés de l'Atlantique peu profonds (de 0.2 à 1.5 m) prédominent.
OA	***OCÉANIQUE ATLANTIQUE***—Les hivers sont froids, les étés frais et les précipitations annuelles d'environ 1 600 mm. Vastes étendues de bogs en couverture (de 1.5 à 2.5 m d'épaisseur), de bogs inclinés et de quelques fens inclinés.
SA	***SUBARCTIQUE ATLANTIQUE***—Les hivers sont froids, les étés frais et les précipitations annuelles d'environ 1 200 mm.
SAc	***SUBARCTIQUE ATLANTIQUE CÔTIER***—Les bogs de plateaux de l'Atlantique prédominent. Les fens à palse ou les bogs à palse sont présents au Labrador. Les bogs de monceaux tourbeux sont plus courants dans les bogs de plateau de l'Atlantique, dans le nord de Terre-Neuve. De grandes étendues exposées et dénudées.
SAo	***SUBARCTIQUE ATLANTIQUE OCÉANIQUE***—Les bogs inclinés et bombés sont très courants; on trouve de vastes complexes de bogs inclinés et de fens inclinés et côtelés de l'Atlantique à de plus hautes altitudes. L'épaisseur de la tourbe varie de 0.5 à 1.5 m pour les fens côtelés et de 1 à 2 m dans les bogs de bassins et inclinés.
TE	***TEMPÉRÉE DE L'EST***—Les hivers sont froids et les étés chauds. Les marécages de ruisseaux et de bassins à feuillus (érables, frênes noirs) et les marais de ruisseaux et de rivages sont courants dans le sud-ouest du Nouveau-Brunswick. Les bogs sont petits et épars.

précipitations et les poussières atmosphériques). Les fens aussi reçoivent des éléments nutritifs, mais ils sont riches en éléments nutritifs ou "minérotrophes" parce qu'ils reçoivent d'autres éléments nutritifs des eaux d'infiltration provenant des sols adjacents ou environnants plus élevés. La végétation dominante des bogs est composée de mousses (*Sphagnum*), d'arbustes rabougris et de lichens, alors que celle des fens est composée principalement de laîches et d'herbacées avec quelques mousses de *Sphagnum*.

Dans la plupart des cas, on peut distinguer facilement les bogs des fens d'après les paramètres des éléments nutritifs et les caractéristiques de la végétation. Un exemple de paramètres choisis servant à établir cette distinction à Terre-Neuve est présenté au tableau 7–3. Toutefois, l'importance nutritionnelle et écologique de certaines espèces n'est parfois pas constante pour toute la gamme de formes de chaque classe de tourbière. Par exemple, la composition floristique et les caractéristiques chimiques des bogs dans les terres océaniques varient souvent par rapport à celles des terres continentales à cause du taux plus élevé des précipitations et de l'apport des éléments nutritifs provenant des embruns de la mer. De même, de nombreux bogs inclinés et peu profonds contiennent de petites étendues d'eaux d'infiltration enrichies d'éléments nutritifs et, par conséquent, d'espèces de fens minérotrophes. Ces tourbières de

Tableau 7–2. Superficies recouvertes de tourbières dans les provinces de l'Atlantique et volumes correspondants

Province	Nombre de dépôts		Superficie totale (ha)	Superficie relevée (ha)	Volume in situ ($m^3 \times 10^9$)	Type de tourbe (% du volume)	
	Connus	Relevés				Horticole	À combustible
Nouveau-Brunswick[a]	1 050	817	140 000	133 000	2.4[g]	62[g]	38[g]
Nouvelle-Écosse[b]	d/i	267	162 000	33 000	4.4[h]	59[h]	41[h]
Île-du-Prince-Édouard	25[d]	16[d]	6 337[c]	740[d]	0.01[d,g]	d/i	d/i
Terre-Neuve–Labrador[c]	d/i	d/i	6 429 000	d/i	257.2	—	—
Terre-Neuve (Île)[f]	6 771	d/i	1 115 000	d/i	15.3	45	55
Total			6 737 300		264.0		

d/i = données inexistantes.
[a] *Keys et Henderson (en préparation).*
[b] *Anderson et Broughm (en préparation).*
[c] *MacDougall, Veer, et Wilson (sous presse).*
[d] *Graham and Associates (1974).*
[e] *Tarnocai (1984).*
[f] *Northland Associates Limited (1978, 1979, 1980, 1981, 1982, 1984).*
[g] *Les volumes ont été calculés pour les dépôts relevés.*
[h] *Les volumes ont été calculés pour les dépôts relevés et extrapolés pour toute la région.*

transition pourraient être classées soit comme des fens pauvres en éléments nutritifs soit comme des bogs riches en éléments nutritifs. Ainsi, il semble raisonnable de supposer qu'on devrait se servir des variations graduelles et non de strictes limites écologiques pour décrire la valeur des tourbières en éléments nutritifs, particulièrement dans les terres atlantiques.

Processus de formation des tourbières

La formation et le développement des tourbières au Canada dans les terres atlantiques découlent de trois importants processus de production de tourbe : (1) le

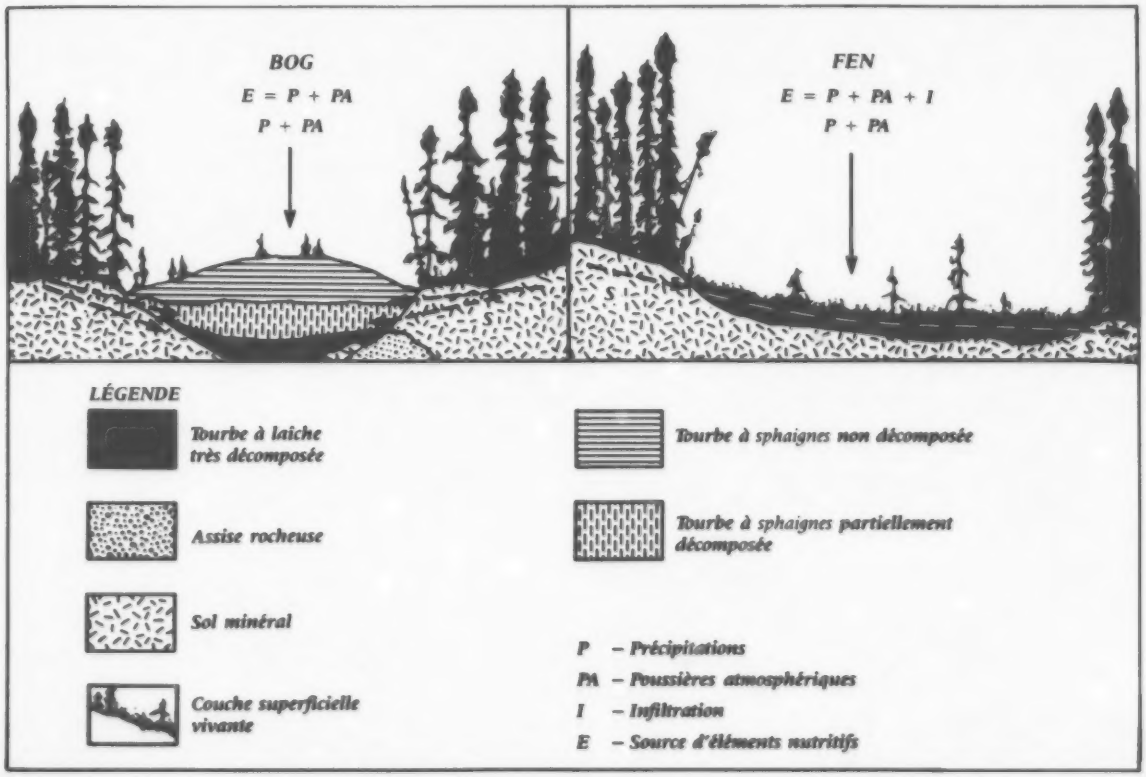


Figure 7–2.
Illustrations généralisées d'un bog et d'un fen montrant les différences de l'évolution morphologique et les sources d'éléments nutritifs.

remplissage; (2) la production primaire de tourbe et (3) la paludification. Ces trois processus peuvent se produire ensemble ou séparément, selon l'influence des facteurs écologiques, et ont figurés également dans des descriptions de tourbières d'autres régions du monde (Bellamy, 1972; Moore et Bellamy, 1974; Sjörs, 1976; Tansley, 1953). Comme chaque processus a fait l'objet de descriptions détaillées dans le cas des tourbières de Terre-Neuve (Wells et Pollett, 1983), ce chapitre présente seulement un bref aperçu de ces phénomènes.

Remplissage

Le processus de remplissage par la tourbe se produit lorsque la végétation aquatique remplit complètement un étang ou un bassin d'eau. Les concentrations d'oxygène et l'activité microbienne sont faibles dans ce milieu froid et anaérobie et les taux de décomposition des plantes demeurent inférieurs à ceux de la production végétale. Ainsi, le niveau de la végétation de surface du bassin finit par s'élever en réponse à l'accumulation croissante de la matière organique non décomposée. L'étage de la végétation s'élève aussi progressivement au-dessus de la nappe phréatique et se soustrait à l'influence de toute eau d'infiltration enrichie d'éléments nutritifs. Par conséquent, la végétation des marais et des fens se transforme pour céder la place à celle des bogs à mesure que les plantes dépendent de plus en plus des apports atmosphériques pauvres en éléments nutritifs. Les bogs bombés observés dans presque toutes les terres atlantiques sont un des meilleurs exemples de tourbières comblées.

Production primaire de tourbe

La production primaire de tourbe se fait sur des sols minéraux humides, mais non nécessairement inondés (Sjörs, 1976). Pour que la tourbe puisse se former, il semble nécessaire que se développe une épaisse couche d'humus à la surface ou un alios dans le sol minéral. La couche d'humus, formée principalement par l'accumulation de débris d'éricacées, s'épaissira enfin assez pour retenir suffisamment d'eau pour permettre l'accumulation de tourbe. De même, un alios empêchera le drainage et créera ainsi les conditions d'humidité superficielle nécessaires à l'établissement des plantes formant la tourbe (Taylor et Smith, 1972; Ugolini et Mann, 1979; Wells et Pollett, 1983). Il semble que la production primaire de tourbe soit responsable de la formation, dans l'ouest de Terre-Neuve et l'est du Nouveau-Brunswick, de bon nombre de bogs de plateau de l'Atlantique.

Paludification

La paludification se produit lorsque des dépôts primaires de tourbe, formés dans des dépressions peu profondes, suite au remplissage ou à la production primaire de tourbe, s'étendent verticalement et latéralement pour couvrir des terres déjà sèches. Dans de nombreux cas, les dépôts de tourbe en expansion entraveront davantage le drainage et créeront des conditions favorables à leur propre expansion. Les bogs en couverture du sud de Terre-Neuve et, à un moindre degré, les bogs inclinés de Terre-Neuve et de l'est de la Nouvelle-Écosse, constituent de bons exemples de la formation de tourbière par paludification.

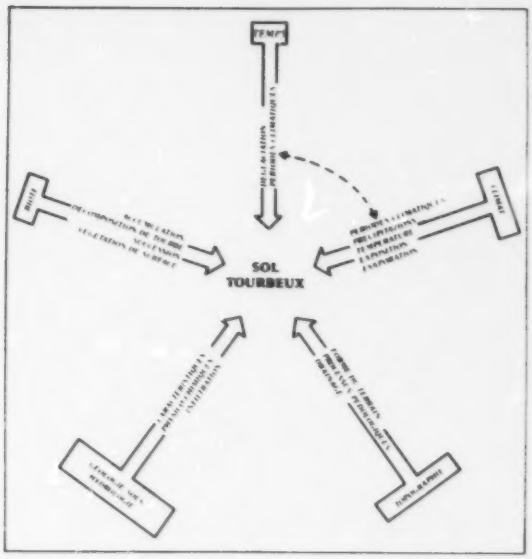
Facteurs de formation

La présence de régions distinctes de terres humides, caractérisées par des tourbières de profondeur, de composition floristique et de morphologies différentes, est un reflet des divers facteurs biotiques et abiotiques qui influencent la formation de tourbières au Canada dans les terres atlantiques (figure 7–3). Exception faite de certaines parties du nord du Labrador, la presque totalité des terres atlantiques était libre de glace il y a environ 10 000 ans (MacPherson, 1981, 1982) et convenait donc à la formation de tourbières. Toutefois, les périodes réelles de formation initiale varient considérablement. Terasmae (1963) a obtenu les dates de 7 400 ans avant notre ère (ANE), 8 120 ans ANE et 3 610 ans ANE pour trois tourbières dans l'est de Terre-Neuve. De même, Davis (1984) a relevé des périodes de 2 200 à 10 000 ans ANE pour 14 tourbières dans l'île. Des études palynologiques (Davis, 1984; Lamb, 1980; MacPherson, 1981) effectuées dans le sud du Québec et du Labrador et à Terre-Neuve ont indiqué que la formation de tourbières sur de grandes étendues n'a pas commencé avant 3 000 à 2 500 ans ANE environ,

Tableau 7–3. Paramètres physiques et données sur les éléments nutritifs des sols organiques dont on se sert pour distinguer les bogs des fens à Terre-Neuve

Forme de terres humides (association végétale)	*pH*	*Densité apparente (g/L)*	*Éléments nutritifs totaux (mg/g)*							*Nombre d'échantillons*
			N	*P*	*K*	*Ca*	*Mg*	*Mn*	*Fe*	
Bog ombrotrophe bombé *(Kalmio–Sphagnetum fusci)*	3.54	30–80	6.7	0.34	0.58	1.24	1.17	0.06	0.74	375
Fen minérotrophe incliné *(Potentillo–Campylietum stellati)*	5.47	90–250	20.9	0.92	0.41	16.13	1.31	0.30	10.07	68

Source : Modifié d'après Pollett (1972b).



Source : Wells et Pollett (1983).

Figure 7–3.
Facteurs liés à la formation et à l'évolution d'une tourbière.

probablement en réponse à une transition d'un climat chaud et sec à un climat froid et humide.

Les paramètres floristiques, morphologiques, physiques et chimiques des tourbières de presque toutes les terres canadiennes de l'Atlantiques ont été décrits en détail (Anderson et Broughm, en préparation; Keys et Henderson, en préparation; Pollett, 1972a, 1972b; Pollett et Wells, 1980; Wells, 1981; Wells et Pollett, 1983). Ainsi, dans cette section, les descriptions et les études de chaque forme de terre humide se limiteront à des illustrations graphiques et de brefs exposés des caractéristiques (tableau 7–4, figure 7–4) uniquement par rapport aux facteurs biotiques et abiotiques qui influencent la formation de terres humides.

Facteurs biotiques

La tourbe se forme lorsque les taux de production végétale dépassent ceux de la décomposition des plantes. Ces processus, qui mettent en cause les populations floristiques et microbiennes, varient selon les différentes formes de terres humides, ainsi qu'à l'intérieur de la même forme. Par exemple, dans un bog incliné (tableau 7–4, et figure 7–4), les taux de production et de décomposition végétales, ainsi que ceux de l'accumulation de la tourbe varient considérablement du centre du bog jusqu'à son extrémité (Damman, 1979). Comme l'extrémité du bog est influencée par des eaux d'infiltration enrichies d'éléments nutritifs provenant des sols minéraux environnants plus élevés, le taux de la production végétale est d'habitude très élevé; toutefois, l'accumulation totale de tourbe est très faible, à cause des taux élevés de décomposition. Par contre, les taux de production végétale au centre du bog sont d'habitude très faibles à cause de l'acidité du sol et de l'absence de toute eau d'infiltration enrichie d'éléments nutritifs; toutefois, ces sols pauvres en éléments nutritifs empêchent aussi l'activité microbienne, réduisant ainsi le taux de décomposition des plantes. Comme les taux d'accumulation de la tourbe sont beaucoup plus élevés au centre qu'en bordure, le centre s'élève.

Les taux de production végétale des fens sont généralement supérieurs à ceux des bogs. Toutefois, vu les taux de décomposition végétale également élevés, il y a moins d'accumulation de tourbe que dans les bogs. Au Canada, dans les terres atlantiques, la profondeur des fens varie de 0.5 à 2 m alors que celle des bogs peut atteindre 10 m.

La perpétuation d'un écosystème de fens pendant de longues périodes indique un équilibre entre la production et la décomposition végétales. Toutefois, si les taux de la production végétale continuent de dépasser ceux de la décomposition, le niveau de la végétation de surface s'élève à une hauteur où celle-ci ne subit plus l'influence des eaux d'infiltration enrichies d'éléments nutritifs, et le fen se transforme finalement en bog.

Il est souvent difficile de déterminer les taux d'accumulation de la tourbe à cause des variations des taux de production et de décomposition des plantes et de l'affaissement de la masse de tourbe en voie de formation. Des taux d'accumulation de 0.54, 0.92 et 1.75 mm par année ont été signalés pour des tourbières du Nouveau-Brunswick (Keys et Henderson, en préparation). De même, Cameron (1970) indique des taux d'accumulation de 1 à 2 mm par année dans les tourbières d'Amérique du Nord. Des études effectuées en Grande-Bretagne (Walker, 1970) indiquent aussi des taux d'accumulation de tourbe, ou d'augmentation réelle des dépôts de tourbe, d'environ 0.2 à 0.8 mm par année.

L'évolution de tout profil de tourbe dépend de la structure, de la composition et de la dynamique de la végétation de surface. Contrairement aux sols minéraux dont les profils évoluent à cause de l'érosion et de la désagrégation de l'assise rocheuse ou du matériau d'origine et de l'apport de matières organiques produites par les débris végétaux, les sols tourbeux proviennent totalement de restes de plantes. À mesure que l'écosystème de la tourbière se développe, la production végétale annuelle fait non seulement augmenter la masse de tourbe, mais peut aussi modifier à la longue l'hydrologie et les régimes des éléments nutritifs et transformer par conséquent la composition de la végétation de surface. Les changements successifs qui transforment un marais en fen, puis en bog, au cours de la formation de nombreux bogs bombés, par exemple, sont occasionnés par l'accumulation de matières organiques et un changement graduel des conditions minérotrophes vers l'ombrotrophie. Différentes communautés végétales, aquatiques ou terrestres, riches ou pauvres en éléments nutritifs entrent en jeu dans une telle série de stades successifs de formation de la tourbe.

Tableau 7–4. Caractéristiques des principales formes de tourbières du Canada atlantique

Forme de terres humides	*Caractéristiques*	*Région ou sous-région de terres humides*
Bog bombé	Surface bombé caractéristique; présente souvent une configuration à étangs concentriques; généralement en région forestière; de 4 à 9 m d'épaisseur.	BAo BAa
Bog de plateau de l'Atlantique	Surface genre plateau qui domine le terrain avoisinant. Les étangs sont souvent vastes et épars; commun dans l'ouest de Terre-Neuve et le sud de la côte du Labrador; de 2 à 4 m d'épaisseur.	BAm (Nord de Terre-Neuve)
Bog de plateau de l'Atlantique	De morphologie semblable au bog décrit précédemment, mis à part qu'il est plus vaste et que la surface du centre est souvent bombée; courant dans l'est du Nouveau-Brunswick; de 2 à 10 m d'épaisseur.	BAm (Est du Nouveau-Brunswick)
Bog incliné	Généralement de petits dépôts confinés par la topographie aux pentes à mauvais drainage; courant dans la plus grande partie de Terre-Neuve et dans l'est de la Nouvelle-Écosse; de 1 à 2 m d'épaisseur.	SAo
Bog de bassin	Petits dépôts de tourbe souvent dans les régions de moraines mamelonnées; courant dans l'est et le sud de Terre-Neuve; de 1 à 2 m d'épaisseur.	SAo
Bog en couverture	Vastes dépôts de tourbe recouvrant uniformément les collines et les vallées; courant dans le sud-est de Terre-Neuve; de 1 à 2 m d'épaisseur.	OA
Bog structuré	L'orientation des étangs est caractéristique : perpendiculaire à la direction de la pente; très abondant au Labrador, surtout dans la partie est; de 1 à 2 m d'épaisseur.	BAe BAi
Fen côtelé de l'Atlantique	Orientation des étangs semblable à celle décrite ci-haut; le plus courant dans les régions alpines de Terre-Neuve et du Labrador; peu profond : de 0.5 à 1.5 m d'épaisseur.	SAo
Fen côtelé de l'Atlantique	Caractéristiques superficielles semblables à celles du bog structuré; très abondant dans l'ouest du Labrador; de 1 à 2 m d'épaisseur.	SAo BAi
Fen incliné	Semblable sur le plan écologique aux fens côtelés de l'Atlantique; les étangs sont généralement rares; se présente surtout dans les régions forestières du centre, de l'ouest et du nord de Terre-Neuve; de 1 à 2 m d'épaisseur.	BAo BAm
Fen en échelle	Se présente surtout sous forme d'étroites bandes de fens en bordure des bogs bombés; configuration caractéristique des étangs décrits plus haut.	BAo

Source : Wells (en préparation).

L'un des meilleurs exemples de changements successifs dans les tourbières quant aux gradients des éléments nutritifs et de l'humidité, concerne le genre *Sphagnum*. En fait, la formation de tourbe et les mousses de *Sphagnum* sont devenues presque synonymes dans les descriptions de la formation de tourbières dans le monde. Au Canada, c'est la croissance et l'accumulation de ces mousses qui contribuent le plus à la formation de tourbières, surtout de bogs, dans toutes les terres atlantiques. Toutefois, comme la plupart des tourbes de fens sont composées d'herbacées et de laîches, les mousses de *Sphagnum* jouent habituellement un rôle mineur dans leur formation.

Une vue en coupe des feuilles d'une mousse *Sphagnum* indique deux sortes de cellules : (1) chlorophylienne et (2) hyaline. La première sorte est responsable de la photosynthèse et de la respiration nécessaires à la croissance de la plante, la deuxième sorte, plus grosse, absorbe l'eau et maintient la structure de la plante. La taille importante de la cellule hyaline et sa capacité d'absorber de grandes quantités d'eau permettent à cette plante de prospérer dans des habitats humides.

L'importance écologique et les caractéristiques de croissance de bon nombre de ces espèces de *Sphagnum* varient considérablement en fonction des changements du niveau de l'eau et de l'état des éléments nutritifs (tableau 7–5). Les communautés végétales de tout bog ombrotrophe se composent d'habitude d'environ 10 à 15 espèces de *Sphagnum* occupant divers types d'habitat. A mesure que la tourbe s'épaissit, la microtopographie de la surface se développe en monticules, cuvettes, vasières et étangs en réponse aux modifications des éléments nutritifs et de l'hydrologie produites par les différents taux de croissance des *Sphagnum*.

Le développement et la distribution des *Sphagnum* varient aussi selon l'altitude, l'exposition et les variations climatiques régionales. C'est pourquoi, les communautés végétales des tourbières ainsi que la structure morphologique globale de certaines formes de tourbières des terres atlantiques canadiennes présentent des différences de formation attribuables en grande partie à ces mousses.

Quoique les mousses de *Sphagnum* sont d'habitude la forme dominante de végétation dans presque toutes les tourbières, plusieurs autres espèces de plantes sont caractéristiques à la fois des bogs et des fens (tableaux 7–6 et 7–7). Ces groupes d'espèces varient des communautés végétales sèches et ombrotrophes dominées par des *Sphagnum*, des arbustes rabougris et des lichens à des communautés végétales eutrophes dominées par des laîches, des herbacées et des mousses brunes. De nombreuses

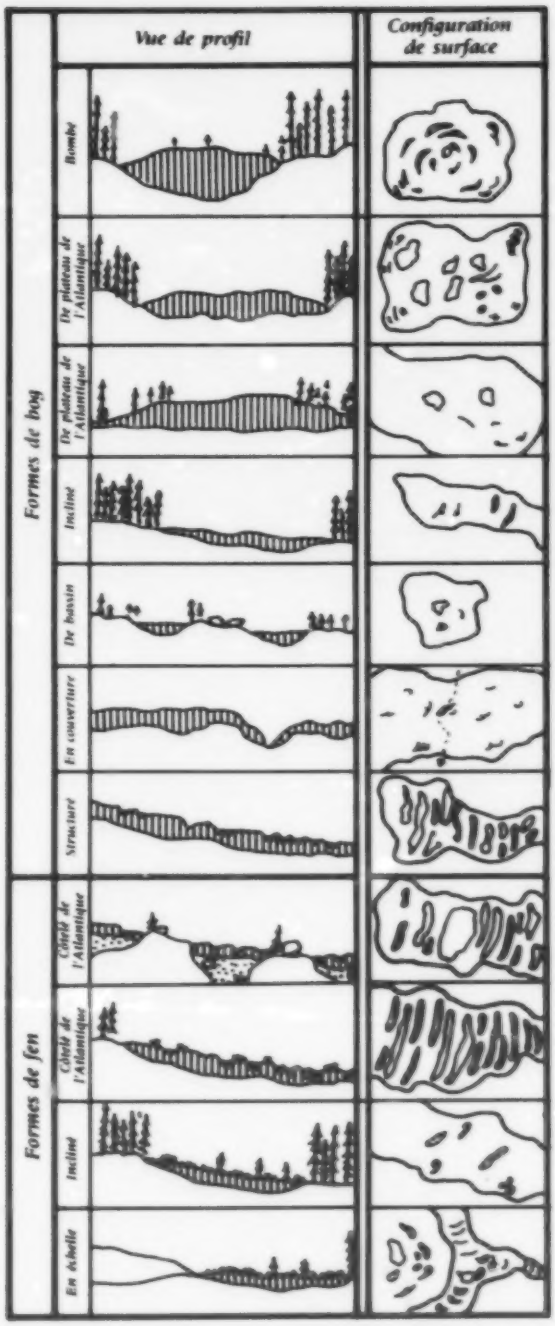


Figure 7–4.
Vues de profil et vue des configurations de surface de tourbières du Canada atlantique.

"espèces indicatrices de minérotrophie" poussent seulement dans des fens où la plupart des éléments nutritifs s'obtiennent plus facilement. D'autres "espèces indicatrices d'ombrotrophie" poussent seulement dans les bogs, soit à cause de leur inaptitude à survivre dans le milieu plus enrichi d'éléments nutritifs du fen, soit à cause de leur de capacité à s'adapter et à survivre dans les sols des bogs pauvres en éléments nutritifs.

Facteurs abiotiques

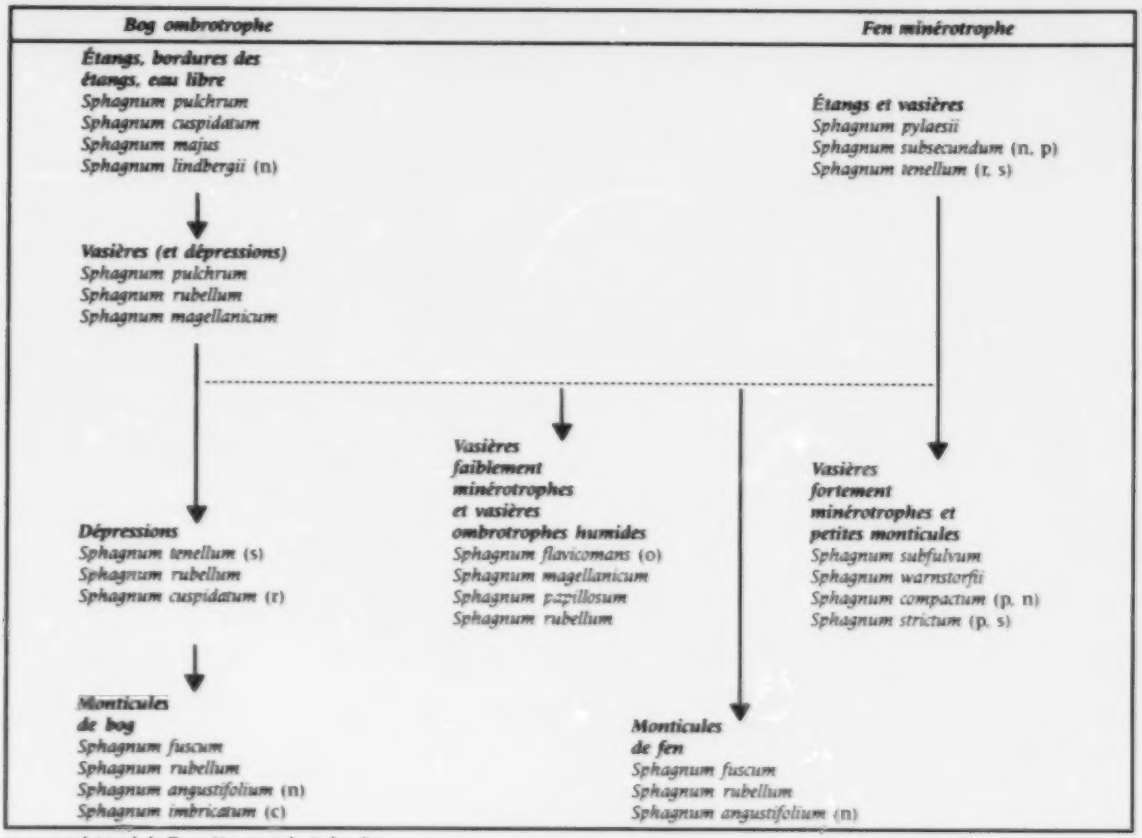
Au cours des premiers stades de formation des tourbières, les interactions entre les processus biotiques de production et de décomposition végétales et la formation éventuelle de la tourbe sont influencées en grande partie par des facteurs abiotiques comme les substrats géologiques, les processus pédogénétiques et les conditions hydrologiques. Par exemple, la tourbe qui se forme dans un bassin influencée par des eaux d'infiltration enrichies d'éléments nutritifs provenant de dépôts de calcaire, produira normalement un fen. C'est surtout vrai dans l'ouest de Terre-Neuve où des fens eutrophes inclinés se sont formés sur l'assise rocheuse et des matériaux constitués de calcaire. La production et la décomposition végétales sont fortes dans ces habitats eutrophes et l'accumulation de la tourbe est donc considérablement plus lente que dans les bogs pauvres en éléments nutritifs.

Les processus pédogénétiques dans les sols minéraux ne semblent pas jouer un rôle important dans la formation des tourbières, même si la présence d'alios peut expliquer en partie le processus de la production primaire de tourbe sur des couches épaisses d'humus et la formation de bogs de plateau de l'Atlantique sur les sols à texture grossière des terrasses fluviales et des dépôts fluvio-glaciaires dans l'ouest de Terre-Neuve. Toutefois, même si les alios se trouvent dans tous les sols sous-jacents à ces dépôts de tourbe, on n'a pas déterminé leur rôle dans la formation des tourbières; pas plus qu'on n'a étudié les dépôts organiques basaux des bogs de plateau de l'Atlantique pour déterminer si une couche épaisse d'éricacées s'était formée initialement.

Comme la formation de tourbières dépend de la forte teneur en eau dans le sol, le climat est sans doute le facteur abiotique le plus important qui influe sur la formation de la tourbière. Il est difficile d'établir une corrélation positive entre les caractéristiques climatiques et la formation et la distribution des tourbières dans un ensemble aussi hétérogène que celui des terres atlantiques. Pour établir des limites régionales strictes en fonction d'une corrélation climat–tourbière, il faut tenir compte des gradients suivants au sein de la région : continent, océan, hauteur et latitude, ainsi que l'absence de données climatiques adéquates pour le nord. Les meilleurs exemples de certaines de ces caractéristiques se trouvent le long d'un gradient de latitude sud–nord à Terre-Neuve et au Labrador (tableau 7–8, figure 7–5).

Le meilleur exemple de la formation de véritable tourbe "climatique" est le développement de bogs en couverture sous le climat océanique du sud-est de Terre-Neuve. Dans cette région où les précipitations annuelles sont élevées (1 246 mm), les étés frais (température quotidienne moyenne de juin à septembre de 12.2°C; 881 degré-jours au-dessus de 5°C) et les brouillards d'été fréquents (74 jours par année),

Tableau 7–5. Succession des mousses de* Sphagnum *et formation des bogs et des fens au Canada atlantique



n = *nord (nord de Terre-Neuve et du Labrador).*
s = *sud (essentiellement Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard).*
o = *océanique (est et ouest de Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse).*
p = *plus courant dans les sites de bas-plateaux.*
c = *côtier.*
r = *composante secondaire de la communauté végétale.*

des bogs en couverture se sont formés en grand nombre à la fois sur les collines et dans les vallées. Ces tourbières se sont formées initialement par le remplissage de petits étangs ou la production primaire de tourbe sur des sols humides et se sont développées latéralement et verticalement en réponse à un climat humide.

Toutefois, les précipitations élevées ne produisent pas toujours la turbification du milieu par les tourbières. Dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, où les précipitations totales pendant la saison de croissance sont semblables à celles du sud-est de Terre-Neuve, les dépôts de tourbe se sont formés surtout par le remplissage des dépressions topographiques. La formation de tourbières dans cette région est probablement limitée par les températures élevées d'été et l'augmentation ultérieure de l'évapotranspiration qui a tendance à raccourcir la saison de croissance effective ou la période de croissance active des monticules ombrotrophes de *Sphagnum* (Damman, 1979).

Les processus de formation des bogs inclinés à Terre-Neuve et dans l'est de la Nouvelle-Écosse sont semblables à ceux des bogs en couverture mais, à cause des précipitations annuelles légèrement moins élevées (1 035 mm) et des étés plus chauds (température quotidienne moyenne de juin à septembre de 13.6°C; 1 052 degré-jours au-dessus de 5°C), ces tourbières ne produisent pas la turbification du milieu, mais sont plutôt confinées aux pentes.

Dans les parties nordiques des terres atlantiques, les paramètres climatiques qui influencent le plus la formation de tourbières sont les précipitations faibles, les fortes chutes de neige, une saison de croissance brève et des températures plus froides que dans les parties du sud-est. Les tourbières de cette région sont caractérisées par des nappes phréatiques élevées et, au printemps, par une abondance d'eau de surface provenant de la fonte des neiges. De vastes tourbières se forment souvent dans des bassins mal drainés et relativement plats. Par conséquent, la conjugaison de

l'eau de fonte au printemps, des températures froides l'été et du faible drainage produit des sols humides pendant de longues périodes.

Les caractéristiques les plus évidentes des tourbières des régions côtières du nord de Terre-Neuve et de l'est du Labrador, ainsi que du nord-ouest du Labrador, sont les bogs à palse (Zoltai, 1972; Zoltai et Tarnocai, 1971, 1975), les fens à palse ou les monceaux gelés dans les bogs de plateau de l'Atlantique. Il s'agit de vastes monticules ou monceaux de tourbe qui restent gelés pendant toute la saison de croissance. Dans le nord de Terre-Neuve, les monceaux ont une hauteur et une largeur respectives d'environ 1 m et 2 à 3 m, mais plus au nord au Labrador, les bogs à palse peuvent avoir une hauteur de 2 m et une largeur de 5 à 8 m.

De vastes étendues dans l'est et l'ouest du Labrador sont caractérisées par des bogs structurés et des fens côtelés de l'Atlantique. Ces derniers couvrent également une grande partie des hautes terres du centre et de l'ouest de Terre-Neuve. Quoique les caractéristiques écologiques, morphologiques et superficielles de ces tourbières diffèrent considérablement de celles des bogs en couverture, la formation et le développement de ces deux formes de tourbières résultent principalement d'une trop grande humidité

Tableau 7–6. Caractéristiques des communautés dans les bogs atlantiques du Canada*

Communautés des bogs secs
Rubus chamaemorus
Cladina mitis
Cladina alpestris
Cladina arbuscula
Cladina rangiferina
Empetrum nigrum
Kalmia angustifolia
Polytrichum strictum
Vaccinium angustifolium
Cetraria islandica

Communautés des bogs humides
Sphagnum tenellum
Odontoschisma sphagni
Rhynchospora alba
Cladopodiella fluitans
Sphagnum pulchrum
Sphagnum rubellum
Mylia anomala
Cetraria islandica

Monticules de bogs
Sphagnum fuscum
Sphagnum rubellum
Microlepidozia setacea
Larix laricina
Mylia anomala

Monceaux tourbeux et palses (nord de Terre-Neuve et Labrador)
Cetraria nivalis
Vaccinium uliginosum
Ochrolechia frigida
Vaccinium vitis-idaea
Sphaerophorus globosus
Rhacomitrium lanuginosum
Cladonia uncialis
Alectoria nigricans
Cornicularia aculeata
Carex rariflora
Ptilidium ciliare
Cladonia boryi
Myrica gale
Eriophorum spissum

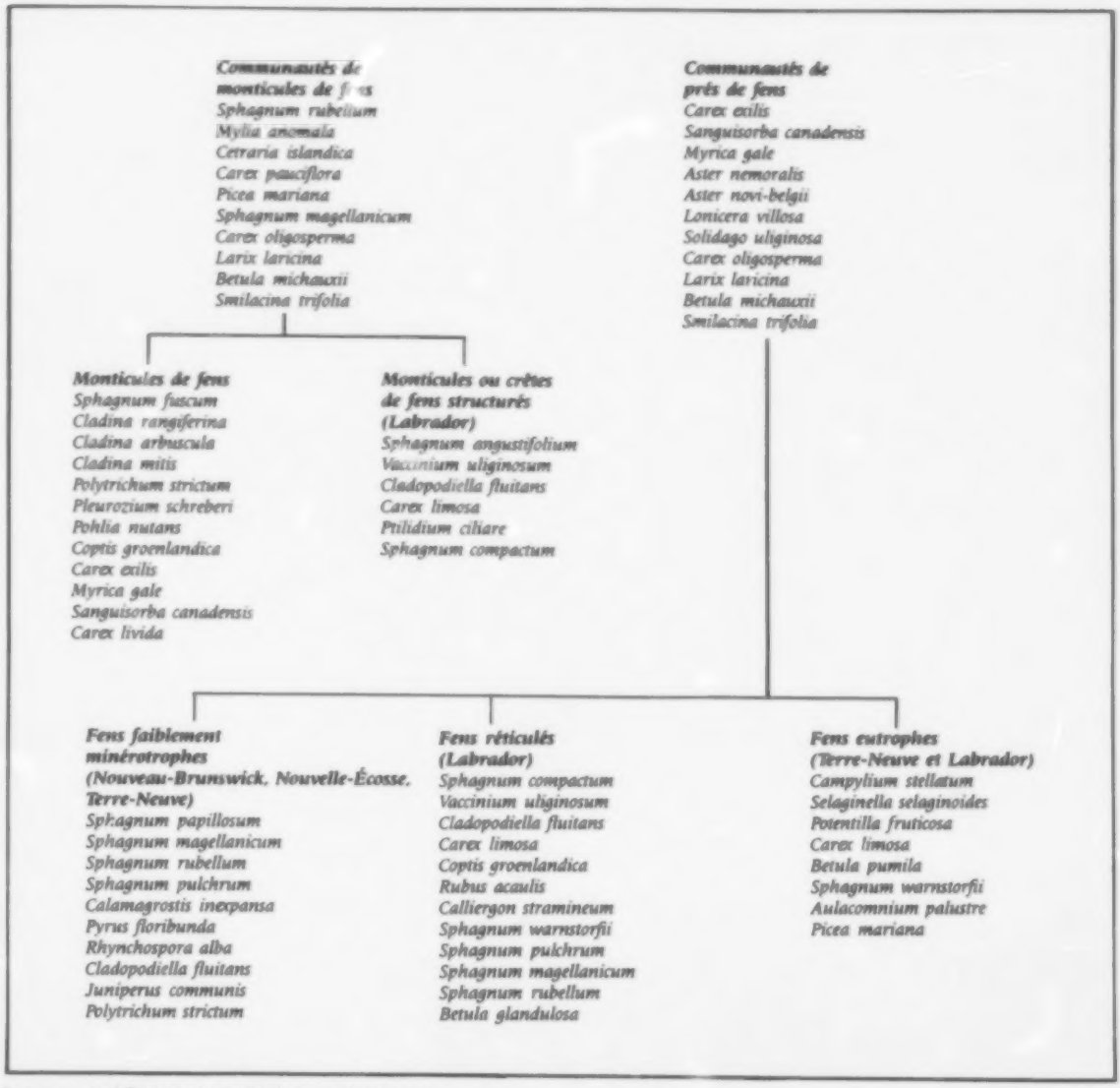
Dépressions
Sphagnum magellanicum
Carex oligosperma
Eriophorum spissum
Sphagnum cuspidatum
Utricularia cornuta
Cephalozia connivens

Dépressions et vasières (nord de Terre-Neuve et Labrador)
Ochrolechia frigida
Carex rariflora
Vaccinium uliginosum
Ptilidium ciliare
Cornicularia aculeata
Eriophorum spissum
Sphagnum compactum
Rubus chamaemorus
Empetrum nigrum
Kalmia angustifolia

***Grandes vasières à** Sphagnum*
Sphagnum magellanicum
Sphagnum flavicomans
Sphagnum papillosum
Microlepidozia setacea
Dicranum scoparium
Kalmia angustifolia
Carex oligosperma
Cladina arbuscula
Cladina rangiferina

Source : Modifié à partir de Wells (en préparation).
**Les communautés végétales sont présentes à travers le Canada atlantique, sauf mention contraire.*

Tableau 7–7. Groupes de végétation caractéristiques des fens du Canada atlantique*



Sources : modifié à partir de Wells (en préparation).
**Les communautés végétales sont présentes à travers le Canada atlantique, sauf mention contraire.*

des sols. Toutefois, le développement des bogs structurés et des fens côtelés de l'Atlantique dépend plus de la conjugaison de précipitations faibles et de températures froides.

On voit moins clairement l'effet d'un facteur climatique particulier dans la formation des bogs bombés ombrotrophes profonds et des bogs de plateau de l'Atlantique de Terre-Neuve, du Labrador, de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick. Les bogs bombés, qui se trouvent surtout dans les terres forestières de l'intérieur de Terre-Neuve et de l'est du Labrador, du sud de la Nouvelle-Écosse et du centre du Nouveau-Brunswick, se sont formés surtout dans des bassins. Ils sont convexes quand on les observe de profil et sont caractérisés par des mares disposées à la surface de manière concentrique ou excentrique (tableau 7–8, figure 7–5). Les bogs de plateau tourbeux, observés dans toutes les régions côtières de l'ouest de Terre-Neuve, du Labrador ainsi que du sud et de l'est du Nouveau-Brunswick, sont caractérisés par des bordures en pente prononcée et une surface plane ou ondulée. Ils se sont formés principalement sur des terrains plats et parfois sur de vastes bassins mal drainés.

On ne peut pas expliquer la prédominance des bogs de plateau de l'Atlantique dans les terres côtières et des bogs bombés dans les terres intérieures seulement en fonction des précipitations ou des tem-

Tableau 7–8. Variations dans la formation de bogs en fonction de gradients latitudinaux et climatiques à Terre-Neuve et au Labrador

*Gamme de latitudes où l'on retrouve des bogs**	*Précipitations annuelles (mm)*	*Précipitations juin–sept. (mm)*	*Précipitations neigeuses annuelles (cm)*	*Températures quotiennes moyennes (°C)*			*Jours sans gel (nombre)*	*Degré-jours supérieurs à 5°C (nombre)*	*Brouillard, visibilité 1 km juin–sept. (jours)*	*Altitude (m)*	*Sous-région de terres humides*
				Annuelles	*juin–sept.*	*déc.–mars*					
58°											
57°											
56°	439	249	413	−1.5	9.1	−12.5	81	551	18	10	SAc (Nord)
55°	479	378	475	−3.5	10.5	−18.1	81	710	6	495	BAi/BAc
54°											
53°											
52°	643	341	332	0.2	9.1	−8.2	105	529	59	65	SAc (Sud)
51°											
50°	740	337	318	4.0	13.9	−5.7	100	1 088	19	87	BAo
49°											
48°	818	385	357	4.1	13.2	−4.6	126	986	21	18	BAm
47°	1 035	345	209	5.3	13.6	−2.6	126	1 052	32	31	SAo
46°	1 246	417	175	4.9	12.2	−1.9	127	881	74	42	OA

Sources : Service de l'environnement atmosphérique (1982) et Wells (en préparation).

* *Formes de bog (voir aussi figure 7–5) :*
1. *bog en couverture*
2. *bog incliné, bog de bassin*
3. *bog de plateau de l'Atlantique*
4. *Bog bombé et bog incliné*
5. *bog de plateau de l'Atlantique avec bogs à monceaux de tourbe gelée*
6. *bog structuré*
7. *bog de plateau de l'Atlantique avec palses.*

pératures. Les deux formes de tourbières se sont développées en réponse à un ensemble de conditions topographiques, climatiques, hydrologiques et microbiennes (biotiques). Toutefois, en l'absence de températures extrêmement froides ou de fortes précipitations, il semble que l'accumulation de la tourbe dans ces bogs soit davantage influencée par la hauteur de la nappe phréatique ou par les périodes de températures élevées l'été et les taux d'évapotranspiration importants, lorsque la surface des bogs s'assèche trop pour la croissance active des *Sphagnum* (Damman, 1979).

Bref, le développement et la distribution des tourbières au Canada dans les terres atlantiques, sont influencés par divers facteurs biotiques et abiotiques. Bien que le climat semble être le principal facteur influençant la formation de la plupart des tourbières, on constate, surtout au premier stade de la formation de la tourbe, les effets de facteurs comme l'hydrologie, la géologie et les sols sur l'état des éléments nutritifs, l'activité microbienne et l'accumulation de la tourbe.

Les taux de formation de la tourbe et la composition de la végétation de surface et des tourbes sous-jacentes sont aussi influencés par les gradients nutritifs et hydrologiques des dépôts de tourbe ainsi que par les variations climatiques à l'intérieur d'un territoire. En outre, les tourbières sont des écosystèmes dynamiques, non statiques qui, en plus de subir l'influence de facteurs externes modifient graduellement leur propre milieu au fur et à mesure de leur formation.

Marais salés atlantiques

Le marais salé est le prolongement terrestre le plus extrême du milieu marin. Les plantes de cet habitat sont en réalité des espèces terrestres qui ne peuvent concurrencer les autres plantes terrestres (Hatcher *et al.*, 1981) mais qui peuvent tolérer le sel (Phleger, 1971). Par exemple, les marais salés des terres atlantiques sont caractérisés par des salinités interstitielles variant de 0 à 400 parts par millier (‰) (Scott et Medioli, 1980b). Toutefois, les concentrations de salinité sont faibles dans les étages supérieurs des marais,

augmentant généralement dans les étages inférieurs ou dans les milieux qui subissent une influence plus marquée des marées.

Les marais salés des terres atlantiques sont un prolongement du vaste complexe de marais salés du golfe du Mexique et de la côte est des États-Unis (Chapman, 1974; Reimold 1977). Ces terres humides sont dominées par *Spartina alterniflora* et *Spartina patens* qui ne poussent que rarement dans les marais salés ailleurs au Canada. On observe *Spartina alterniflora* à l'étage inférieur soumis aux inondations de marées et parsemés de chenaux de marées. Les étages supérieures sont caractérisés par *Spartina patens, Limonium carolinianum, Salicornia europaea, Suaeda linearis, Atriplex patula, Plantago maritima, Puccinellia maritima, Triglochin maritima, Glaux maritima* et *Hordeum jubatum* (Glooschenko, 1979).

L'écosystème des marais salés représente une partie relativement restreinte de l'ensemble des terres humides atlantiques à cause de la stricte définition de ses limites physiques (tableau 7–9). Chapman (1960) est d'avis que les marais occupent une bande étroite entre la laisse de haute mer (LHM) et le niveau moyen de la mer (NMM) partout dans le monde. Scott et Medioli (1980a) ont observé que cela se vérifie dans les terres atlantiques, sauf dans la baie de Fundy avec ses marées aux amplitudes extrêmes (Smith *et al.*, 1984) où l'amplitude verticale absolue du marais semble varier de 1 à 4 m. L'étendue horizontale du marais varie considérablement selon la nappe d'eau adjacente et la réserve de sédiments ainsi que les caractéristiques régionales comme les changements du niveau relatif de la mer. Les étages inférieurs des marais salés ne comprennent pas des milieux comme les battures estuariens et les colonies de zostères, situés sous le NMM et caractérisés par de véritables herbacées aquatiques telles *Zostera* spp. et *Ruppia* spp. Ces derniers milieux sont toutefois des terres humides d'eau peu profonde et sont étudiées séparément.

L'une des caractéristiques uniques d'un écosystème de marais salé est l'influence dynamique des marées. Des paramètres comme la température, la salinité, le pH, l'oxygène dissous et le potentiel oxydation-réduction varient continuellement selon le changement des marées (Phleger et Bradshaw, 1966). Par exemple, dans les contrées arides, comme le sud de la Californie, la salinité augmente à marée basse puisque l'évaporation provoque la concentration du sel. Toutefois, au Canada, dans les terres atlantiques, où la nappe phréatique d'eau douce domine les étages supérieurs des marais, la salinité a tendance à diminuer pendant les périodes de marée basse. Dans les deux cas, l'oxygène dissous et le pH sont directement reliés et varient ensemble. Les changements du pH influencent la distribution d'organismes comme les bivalves et les escargots qui ont une coquille contenant du carbonate de calcium. Dans la plupart des marais atlantiques, le pH est trop bas pour permettre la colonisation par les mollusques. La plupart des animaux qui vivent dans la boue des marais sont

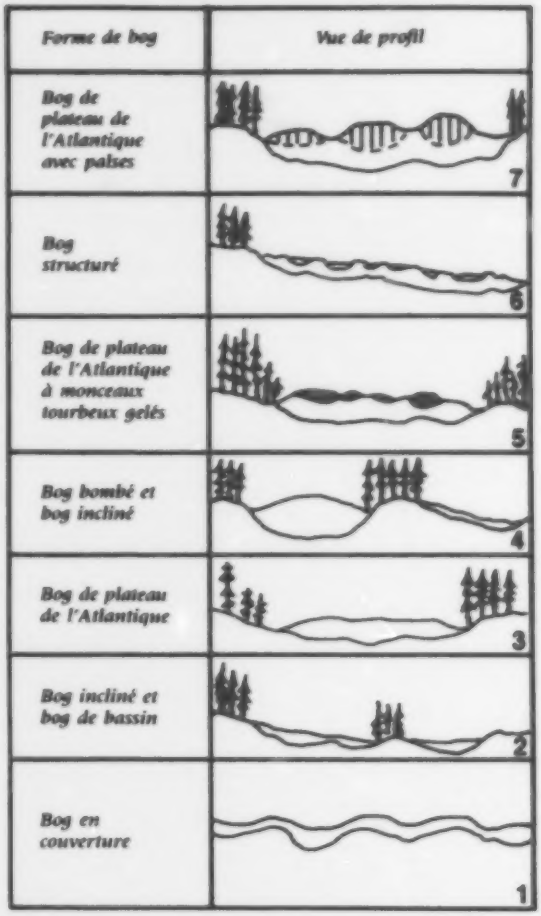


***Figure* 7–5.**
Profils des formes de bog courantes à Terre-Neuve et au Labrador. Les numéros 1–7 indiquent les formes courantes selon un gradient nord-sud, tel qu'indiqué au tableau 7–8.

des protozoaires marins comme les foraminifères, les vers et les mollusques qui vivent à l'étage supérieur des milieux marins.

Les études antérieures des marais salés atlantiques comprennent une analyse floristique du système de marais de la baie de Fundy (Ganong, 1903) ainsi que des rapports plus généraux sur les marais salés de la Nouvelle-Écosse (Chapman, 1937, 1960). Thannheiser (1984) a examiné les caractéristiques de la végétation de nombreux marais du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard, de la Nouvelle-Écosse et de Terre-Neuve. Les données détaillées présentées dans ce chapitre sont extraites en grande partie d'études d'associations végétales et foraminifères effectuées au Canada, dans les terres atlantiques (Scott et Medioli, 1978, 1980a, 1980b; Scott *et al.*, 1981; Scott et Greenberg, 1983; Smith *et al.*, 1984).

Classification des marais salés atlantiques

La salinité, les pentes et l'amplitude et les influences des marées dans les marais salés atlantiques varient considérablement. Comme bon nombre de marais comportent des extrêmes à la fois supérieurs et inférieurs et demeurent écologiquement et floristiquement semblables dans les estuaires ou sur le littoral, la terminologie générale proposée pour la subdivision des marais salés du Canada en marais estuariens hauts et bas et en marais côtiers hauts et bas (comme le soulignent l'annexe I et Tarnocai, 1980), n'est pas suffisamment détaillée pour la classification de tous les types de marais salés des terres atlantiques. C'est pourquoi ces milieux ont été subdivisés en quatre groupes distincts selon l'emplacement géographique, l'amplitude des marées (étages inférieur, moyen et supérieur) et la composition floristique.

Les quatre groupes de marais salés sont : (1) la côte atlantique, y compris les côtes de la Nouvelle-Écosse; (2) la baie de Fundy, y compris les côtes de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick; (3) le golfe du Saint-Laurent, y compris les rives de la Côte-Nord du Québec, les Îles-de-la-Madeleine, l'île d'Anticosti, l'Île-du-Prince-Édouard et la côte nord du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse; et (4) le groupe du nord, y compris les côtes du nord de Terre-Neuve et du Labrador jusqu'à Saint-Augustin sur la Côte-Nord du Québec. Tous les marais de ces quatre groupes ont une géologie et une situation géographique différentes, mais ils ont une flore presque semblable aux étages supérieur, moyen et inférieur (tableau 7–10). Les marais du groupe du nord sont une exception; ils sont caractérisés par la présence de *Salicornia europaea* à l'étage inférieur, tandis que dans les autres groupes l'espèce la plus courante à cet étage est *Spartina alterniflora*. *Spartina patens* est d'habitude caractéristique de l'étage moyen, mais est plus restreinte dans certains milieux que dans d'autres. A l'étage supérieur, la végétation est variable quoique dominée d'habitude par *Juncus* spp., *Scirpus* spp., *Carex* spp., ou même *Spartina cynosuroides*.

Marais de la côte atlantique

Les marais de la côte atlantique sont caractérisés par de très grandes différences de salinité, de composition

*Tableau 7–9. Étendues de marais salés du Canada atlantique**

Emplacement	Nombre de marais	Superficie des hauts marais côtiers (ha)	Superficie des bas marais côtiers (ha)	Superficie totale des marais salés (ha)	Portion de la superficie totale des marais salés (%)	
					Hauts marais	Bas marais
Île-du-Prince-Édouard						
(a) Rives du détroit de Northumberland	500	1 499.0	1 018.3	2 517.4	60	40
(b) Rives du golfe du Saint-Laurent	431	1 267.9	1 170.8	2 438.8	52	48
Total	931	2 766.9	2 189.1	4 956.2	—	—
Nouvelle-Écosse						
(a) Du détroit de Northumberland au nord-est de l'Île du cap Breton	249	663.2	1 027.1	1 690.4	39	61
(b) Du nord-est de l'Île du cap Breton à Shelburne	581	2 571.1	3 346.9	5 918.1	43	57
(c) De Shelburne vers l'ouest jusqu'à la baie de Fundy et vers l'est jusqu'au détroit de Northumberland	333	2 482.5	2 279.6	4 762.2	52	48
• Baie de Chignecto seulement	(40)	—	—	—	—	—
• Baie de Cobequid seulement	(520)	—	—	—	—	—
• Bassin de Minas seulement	(1 460)	—	—	—	—	—
• Baie de Fundy (propre) seulement	(680)	—	—	—	—	—
Total	1 163	5 716.8	6 653.6	12 370.7	—	—
Nouveau-Brunswick						
(a) Baie de Passamaquoddy	—	—	—	180	—	—
(b) Baie de Shepody	—	—	—	900	—	—
(c) Bassin de Cumberland	—	—	—	1 260	—	—
Total	—	—	—	2 340	—	—

Sources : A. Smith (communication personnelle) et Pearce et Smith (1974).

* *Les données complètes pour Terre-Neuve et le Labrador et la Côte-Nord du Québec ne sont pas accessibles.*

floristique, de morphologie de chenaux, de gradients de marais et d'influences semi-diurnes des marées quotidiennes. Deux transects (figure 7–6, nº 1; figure 7–7) de l'anse Chezzetcook en Nouvelle-Écosse, illustrent les variations observées dans un système estuarien. Le transect I couvre le fond de l'anse où les salinités sont faibles et le marais est constitué en majeure partie d'un étage moyen avec des chenaux à parois abruptes; le transect II couvre la partie ouverte de l'anse où les salinités sont plus élevées et le gradient modéré s'étend à l'étage inférieur. Le transect I représente un marais plus ancien et comprend une flore plus diversifiée que le marais du transect II. *Solidago sempervirens* est plus abondant dans le transect I où il pousse sur de petites levées qui se forment le long des chenaux abrupts au fond de cet estuaire. La LHM se trouve à environ 100 cm au-dessus du NMM aux deux sites et est caractérisée par la présence de *Spartina cynosuroides* et de plantes terrestres. En plus, l'étage inférieur du marais s'étend souvent un peu sous le NMM.

Marais de la baie de Fundy

Les marais de la baie de Fundy sont caractérisés par des amplitudes extrêmes de marées. Les salinités sont généralement supérieures à celles des marais des autres groupes à cause de l'influence des marées fortes. En outre, les sédiments des marais ne retiennent pas l'eau souterraine peu salée à cause d'un élément clastique élevé (Smith *et al.*, 1984). On présente les transects de deux marais de ce groupe : Chebogue Harbour en Nouvelle-Écosse (figure 7–6, nº 2; figure 7–8), qui a une amplitude de marées étendue mais non extrême (5 m) et Kingsport en Nouvelle-Écosse (figure 7–6, nº 3; figure 7–9).

L'amplitude verticale totale du marais de Chebogue Harbour est supérieure (2.5 m) à celle de Chezzetcook (1 m) mais se situe toujours entre la LHM et le NMM. L'étage inférieur reçoit presque quatre cinquièmes de l'amplitude verticale totale, contre la moitié dans les marais ayant une amplitude normale. Les espèces végétales sont semblables aux deux endroits. Les plantes de l'étage supérieur poussent en fonction de la même amplitude verticale absolue, tandis que celles de l'étage inférieur (*Spartina alterniflora*) occupent la distance verticale supplémentaire imposée par l'amplitude supérieure des marées. De semblables conditions caractérisent les zones de foraminifères. La plus grande amplitude verticale se produit à l'étage inférieur dominé par *Spartina alterniflora*. L'étage moyen, caractérisé par *Spartina patens*, est vaste mais restreint verticalement et l'étage supérieur occupe les 30 cm du haut, retenant encore une fois son amplitude verticale absolue.

Le transect de Kingsport est caractéristique d'une région ayant une amplitude extrême de 16 m (Smith *et al.*, 1984). L'amplitude verticale totale du marais est d'environ 4 m, mais l'étage inférieur ne s'étend pas jusqu'au NMM. La salinité est la plus élevée à l'étage inférieur dominé par *Spartina alterniflora*. Aux étages moyen et supérieur, *Spartina patens* est plus abondante.

Marais du golfe du Saint-Laurent

Les amplitudes de marées dans les marais du golfe du Saint-Laurent sont relativement normales (de 2 à 4 m). Toutefois, le régime mixte des marées est tout à fait propre au golfe. Il semble que les influences semi-diurnes et diurnes fassent également sentir leurs effets sur la zonation des plantes. Un transect du bassin Wallace en Nouvelle-Écosse (figure 7–6, nº 6; figure 7–10), montre un étage supérieur (*Juncus gerardii*) de 50 cm, un étage intermédiaire étroit (*Spartina patens*) de 5 cm et *Spartina alterniflora* dans les 70 cm inférieurs. Les espèces foraminifères observent le même schéma.

Trois transects de l'Île-du-Prince-Édouard—mont Stewart, Tryon et l'anse Wolfe—montrent que la répartition des plantes varie considérablement. Au mont Stewart (figure 7–6, nº 9; figure 7–11), où l'amplitude de la marée atteint 3 m, la zonation végétale est compliquée et très peu caractéristique, *Spartina patens* poussant à la fois au-dessus et au-dessous de la limite des marées. Seule la distribution de *Spartina alterniflora* est semblable à celle des autres régions. À Tryon (figure 7–6, nº 8; figure 7–12), le schéma est plus stable, mais *Spartina patens* s'étale toujours à l'étage supérieur. *Spartina alterniflora* occupe un chenal à parois abrupts, jusqu'à 1 m sous le NMM. A l'anse Wolfe (figure 7–6, nº 7; figure 7–13),

Tableau 7–10. Végétation commune aux marais salés maritimes

Groupe géographique	*Bas marais*	*Marais intermédiaire*	*Haut marais*	*Amplitude des marées (m)*
Atlantique	*Spartina alterniflora*	*Spartina patens*	*Juncus* sp., Cyperaceae	2
Golfe	*Spartina alterniflora*	*Spartina patens*	*Spartina cynosuroides*	2–4
Fundy	*Spartina alterniflora*	*Spartina patens*, *Distichlis* sp.	*Spartina patens*, *Juncus gerardii*	5–16
Nord	*Salicornia europaea*	*Puccinellietum pauperculae*	*Juncus* sp., Cyperaceae	2

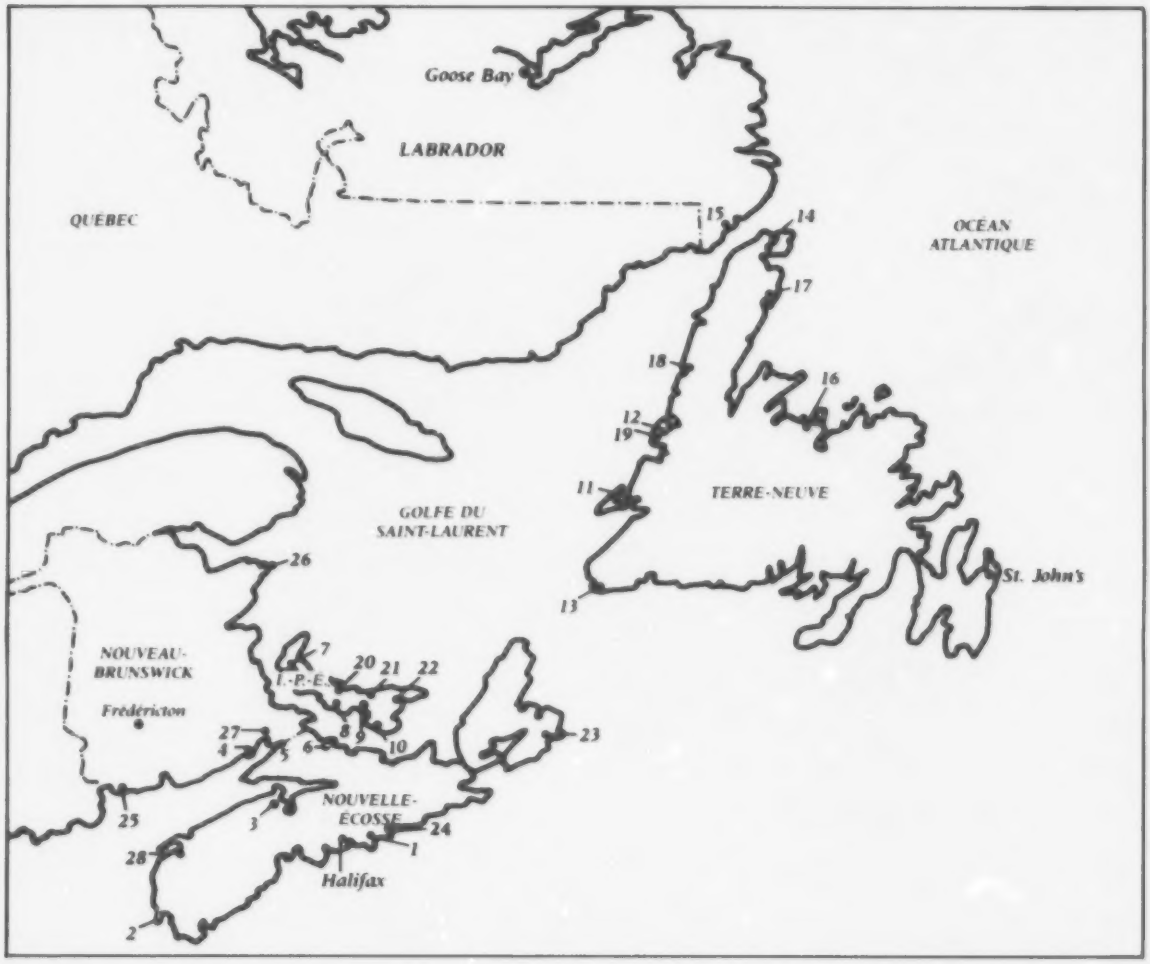


Figure 7–6.

Emplacement des marais salés du Canada atlantique étudiés par Thannheiser (1984) ou Scott et Medioli (1980a, 1980b). Les coupes stratigraphiques et les transects de végétation dont il est question dans le présent chapitre correspondent aux numéros 1 à 3, 6 à 9, 11 et 12.

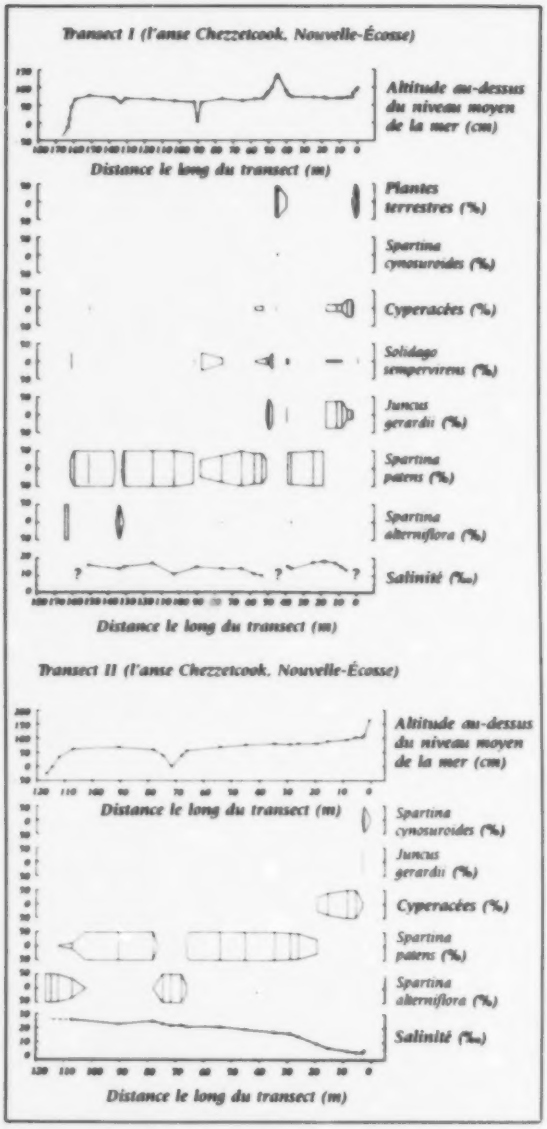
où l'amplitude a moins de 2 m, la répartition des plantes ressemble davantage à celle des marais de la côte atlantique, sauf que *Spartina patens* s'étend également à l'étage supérieur du marais.

Tous ces marais du golfe du Saint-Laurent ont des zonations végétales très différentes. La situation au mont Stewart peut avoir été influencée par un remblai avoisinant; toutefois, les aires d'extension des plantes, spécialement celles de *Spartina patens*, varient considérablement dans tous les sites. La distribution des foraminifères dans les mêmes transects est beaucoup moins variable et se compare à celle des autres sites de la côte atlantique (Scott et Medioli, 1980a; Scott *et al.*, 1981).

Les inventaires des marais salés de la partie du golfe du Saint-Laurent au Québec, effectués par le Groupe Dryade, ltée (Environnement Canada, 1986) signalent qu'en 1978 il y avait 8 595 ha de différents types de marais salés le long des rives de cette région (tableau 7–11). Cet inventaire couvrait les rives nord du golfe depuis Pointe-des-Monts à Blanc-Sablon, la péninsule de la Gaspésie et les Îles-de-la-Madeleine. L'île d'Anticosti n'en faisait pas partie.

L'inventaire du Groupe Dryade, ltée indique que les marais salés se limitent aux sites qui favorisent la sédimentation à dépôts fins, particulièrement à l'embouchure des rivières et dans les baies profondes. Grondin et Melançon (1980a, 1980b), Marcotte (1982) et Grondin *et al.* (1980, 1983, 1986) décrivent les marais salés des îles Mingan. Ces marais salés ainsi que ceux de l'île d'Anticosti, décrits par Grondin (1982), sont dominés, particulièrement dans les sites protégés, par *Glaux maritima*, *Carex paleacea* et *Spartina alterniflora*. *Salicornia europaea* et *Glaux maritima* sont plus répandues dans les sites exposés. Sur la Côte-Nord du Québec on trouve des espèces communes aux marais salés atlantiques, notamment *Juncus gerardii* et *Spartina patens*.

Les marais salés sont courants le long d'environ 35 % des rives des Îles-de-la-Madeleine, surtout



Source : Scott et Medioli (1980a).

Figure 7–7.

Transects, tirés au fond (nº I) et à l'embouchure (nº II) de l'anse Chezzetcook en Nouvelle-Écosse, illustrant la végétation présente. Notez la pente douce du marais et les salinités plus élevées caractéristiques de la partie ouverte de l'estuaire. La salinité, dont les mesures ont été prises à marée basse, est donnée au bas du diagramme. Les barres verticales correspondent à des pourcentages et les lignes horizontales qui les relient sont subjectives.

celles des lagunes protégées des îles Havre-aux-Maisons, Havre-Aubert et de l'Est. Des études choisies qui permettent de décrire la composition floristique de ces terres sont notamment celles de Beaumont et Chamberland (1976) et de Grandtner (1966a, 1966b).

Il existe peu de données sur les rares marais salés situés le long de la Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent au Québec.

Marais du nord

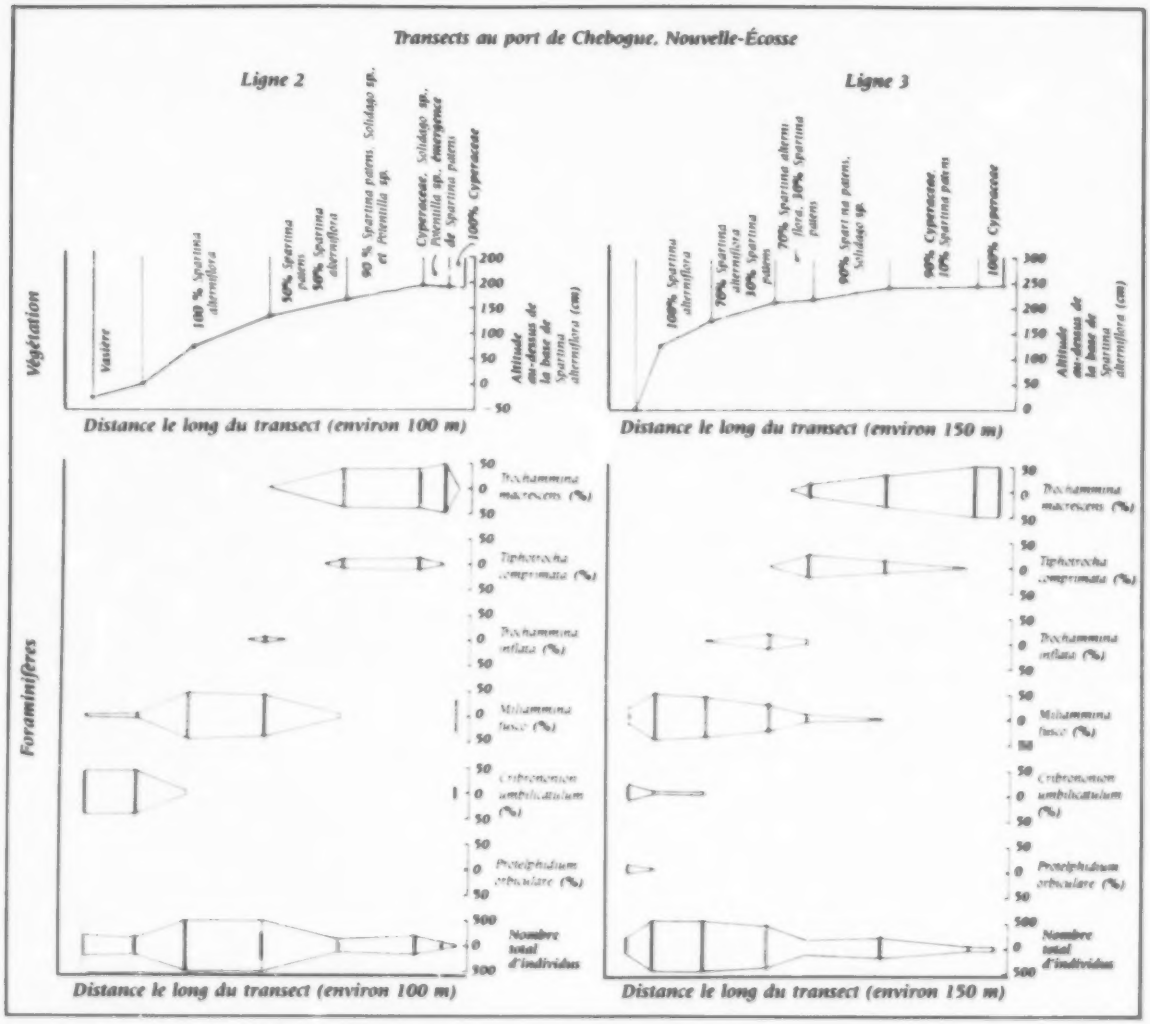
La principale caractéristique des marais du nord réside dans leurs étage inférieur colonisé par *Salicornia europaea*, une espèce rare dans les autres marais des terres atlantiques. *Puccinellia paupercula* est également rare dans les régions plus au sud et peut indiquer un lien entre les zones tempérées et subarctiques. Le transect de Saint Paul (figure 7–6, nº 12; figure 7–14) est typique des marais salés de Terre-Neuve. Quoiqu'on ne donne pas l'élévation, on y montre les différentes zones végétales. Au sud-ouest de Terre-Neuve (figure 7–6, nº 11; figure 7–15), on trouve encore *Spartina alterniflora* ce qui indique une relation plus étroite avec les groupes de marais de la côte atlantique et du golfe du Saint-Laurent.

Les marais salés du Labrador ont été très peu étudiés. Roberts et Robertson (1986), dans leur étude de l'écologie et de la distribution des marais salés des terres atlantiques, ont indiqué que les marais intertidaux plus vastes du sud-est du Labrador sont typiques des deltas c'est-à-dire que les sédiments proviennent principalement des rivières. On y trouve d'habitude un grand nombre d'étangs peu profonds à cailloux. La figure 7–16 présente un profil de la végétation d'un marais salé de la baie Groswater dans le sud-est du Labrador. *Salicornia europaea* et *Spartina alterniflora* sont des espèces communes de ce marais, ce qui indique un prolongement au Labrador des caractéristiques des marais salés de Terre-Neuve.

Production d'éléments nutritifs

Partout au monde, les marais salés jouent un rôle très important dans les chaînes alimentaires et la productivité primaire des estuaires. Le cycle permanent des éléments nutritifs entre les marais et les estuaires regarnit les marais d'éléments nutritifs, favorise la croissance des mollusques et des crustacés dans les estuaires (figure 7–17) et améliore les ressources halieutiques au large des côtes (Teal et Teal, 1969). Les taux de décomposition sont élevés et les éléments essentiels comme les nitrates, les phosphates et les divers éléments à base de carbone sont rapidement libérés dans l'écosystème. Les algues se renouvellent en quelques jours, les bactéries en quelques heures. Les plantes qui vivent le plus longtemps, les herbacées *Spartina*, sont annuelles; donc, les éléments nutritifs ne sont retenus que six mois alors que dans une forêt de feuillus, par exemple, ils sont retenus pendant des dizaines d'années. Comme les éléments nutritifs sont rapidement libérés, la croissance est peu limitée par l'insuffisance d'éléments nutritifs (Peal et Peal, 1969).

Les marais des terres atlantiques sont productifs à longueur d'année, même si certaines plantes (*Spartina* spp., par exemple) cessent de croître en hiver. Certaines algues continuent de croître tout au long de



Source : Scott et Medioli (1980a).

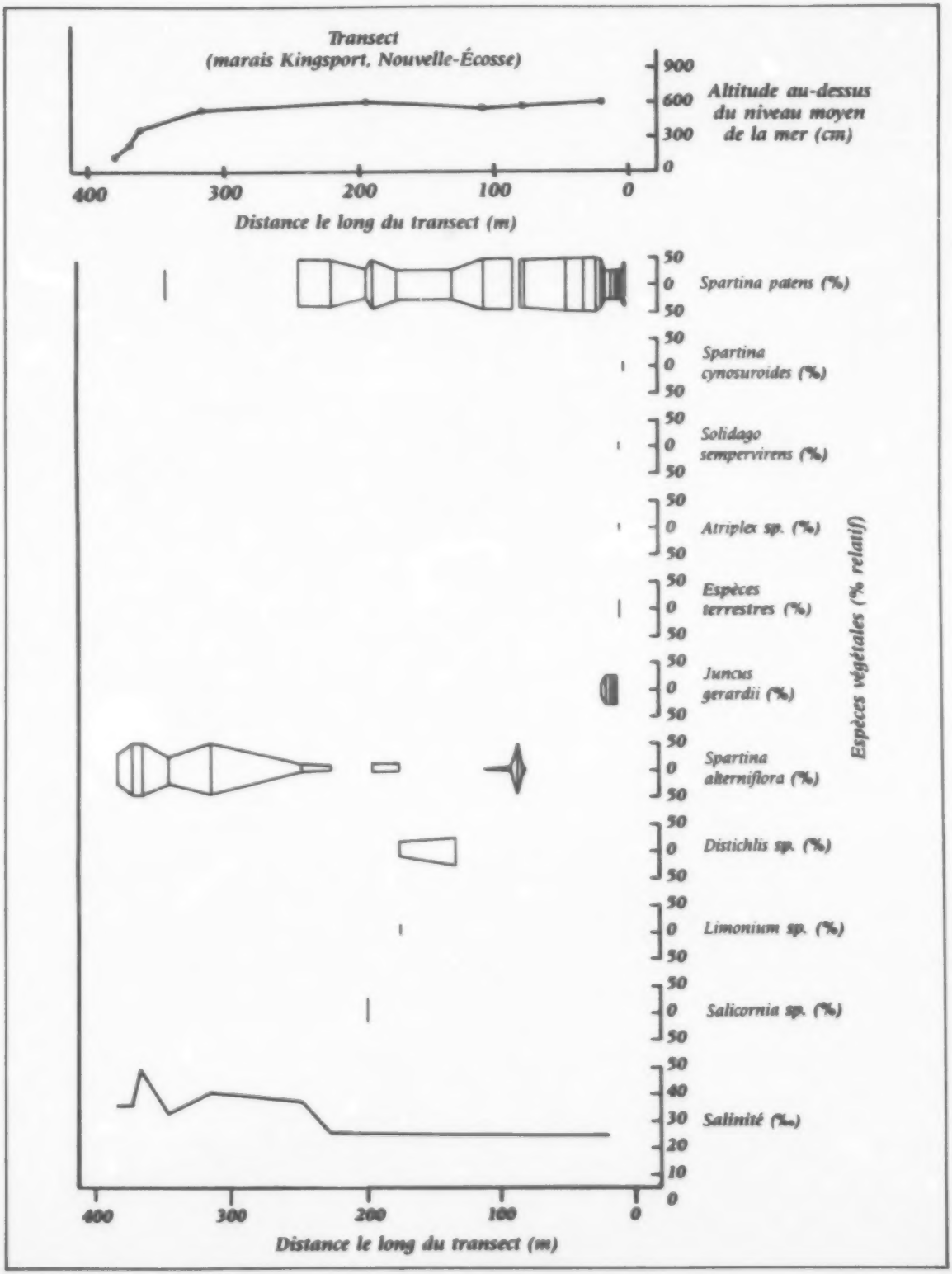
Figure 7–8.

Deux transects réalisés au port de Chebogue en Nouvelle-Écosse et donnant une indication des foraminifères (quantitative) et de la végétation (qualitative). Le format est le même que celui de la figure 7–7: ligne 2 à gauche, ligne 3 à droite.

l'année et fleurissent au milieu de l'hiver. Cette activité photosynthétique à longueur d'année maintient la productivité des marais au-dessus de celle des terres adjacentes (Peal et Peal, 1969). La principale herbacée colonisatrice de ces marais, *Spartina alterniflora*, a une très grande capacité photosynthétique qui se traduit par une productivité exceptionnellement élevée dans cette région, comparée à celle des plantes moins efficaces comme *Carex paleacea* et *Spartina patens*. Aucun élément nutritif n'est retenu dans un marais et *Spartina alterniflora* peut agir comme une "pompe à phosphore", absorbant le phosphore (P) des sédiments et le libérant dans l'eau des marées (Hatcher *et al.*, 1981).

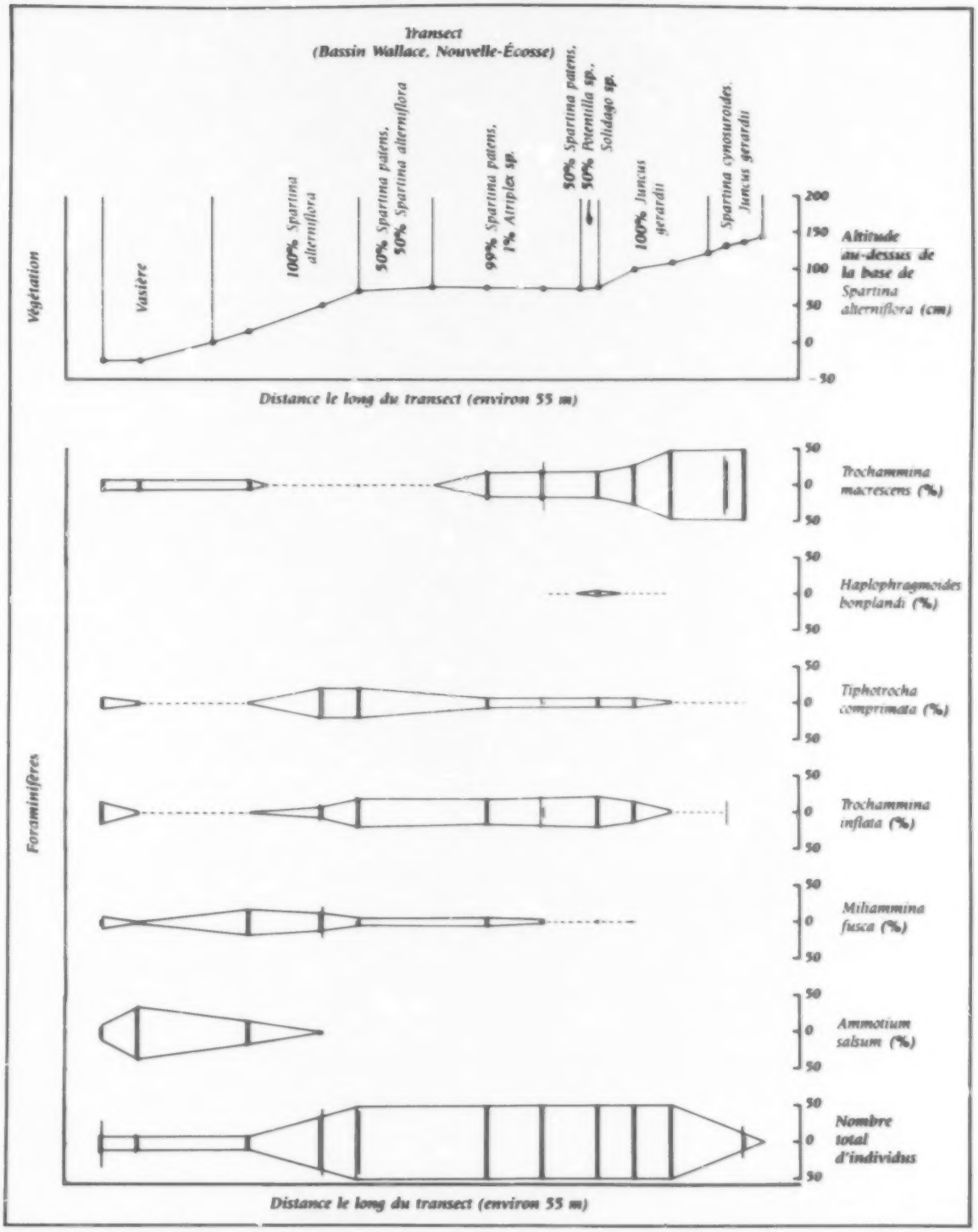
Aucune récolte, à l'exception probablement de celles du riz ou de la canne à sucre, n'atteint les niveaux de production alimentaire d'un marais salé qui peuvent produire approximativement 22 000 kg d'aliments par hectare par année. Les insectes utilisent une petite partie de cette production, mais environ la moitié se décompose et s'offre aux organismes qui se nourrissent de détritus (Teal et Teal, 1969). Au Canada, dans les terres atlantiques, on a observé des populations de foraminifères pouvant atteindre 5 000 spécimens dans une section de 10 cm^2 de marais (Scott et Medioli, 1980b), tandis que dans les régions estuariennes adjacentes on a observé de dix à cent fois moins de foraminifères (Scott *et al.*, 1981).

Les taux de fixation de l'azote sont souvent substantiels dans les marais salés. Ce processus peut se produire à la surface de la boue en association avec des algues ou autour des racines des plantes par des bactéries qui fixent l'azote (Hatcher *et al.*, 1981). Selon une étude menée à Conrads Beach en Nouvelle-



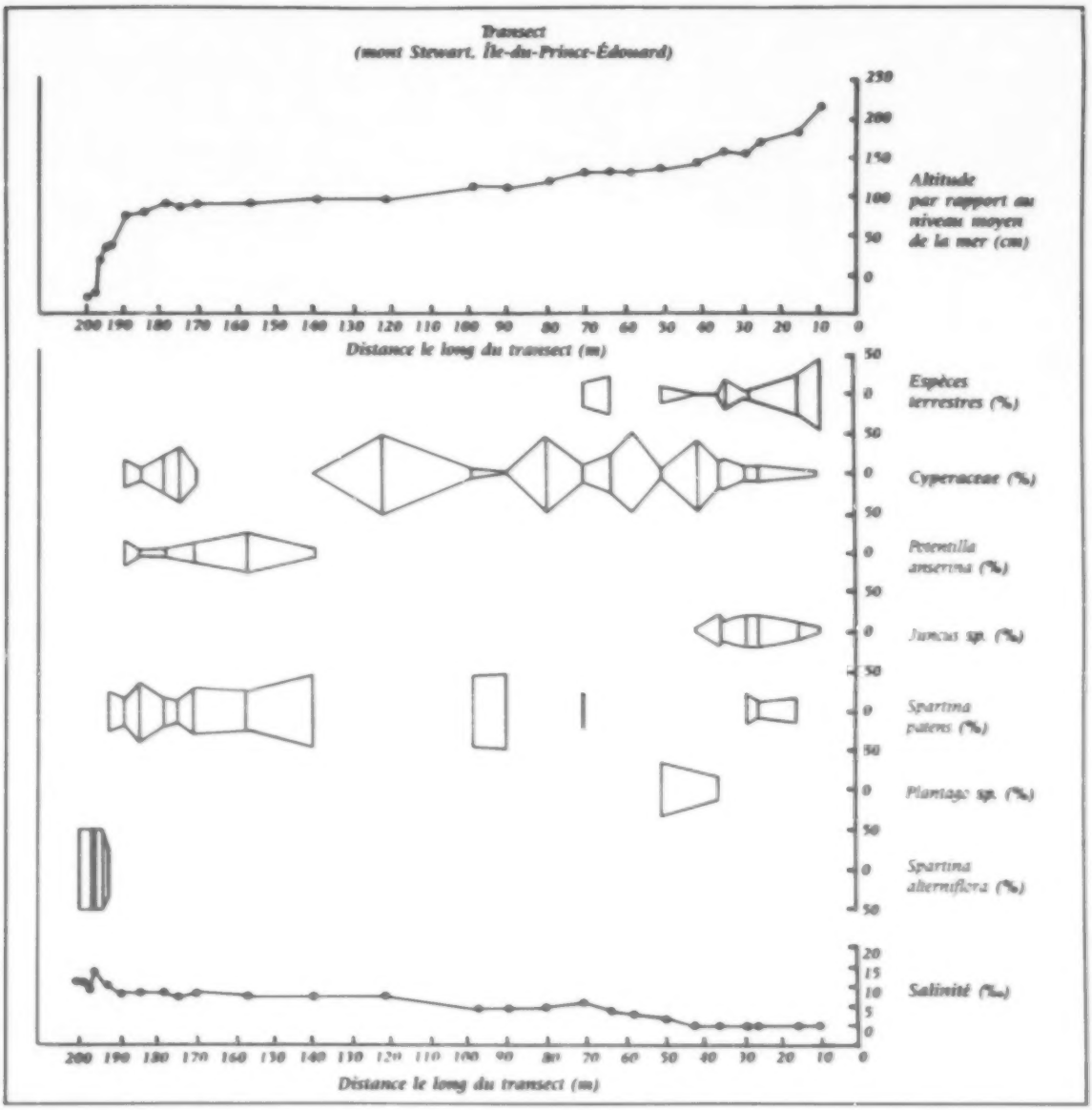
Source : Smith *et al.* (1984).

Figure 7–9.
Transect de végétation réalisé au marais Kingsport en Nouvelle-Écosse. Le format est le même que celui de la figure 7–7.



Source : Scott et Medioli (1980a).

Figure 7–10.
Transect de végétation et des foraminifères réalisé au bassin Wallace en Nouvelle-Écosse. Le format est le même que celui de la figure 7–7.



Source : Scott et Medioli (1978).

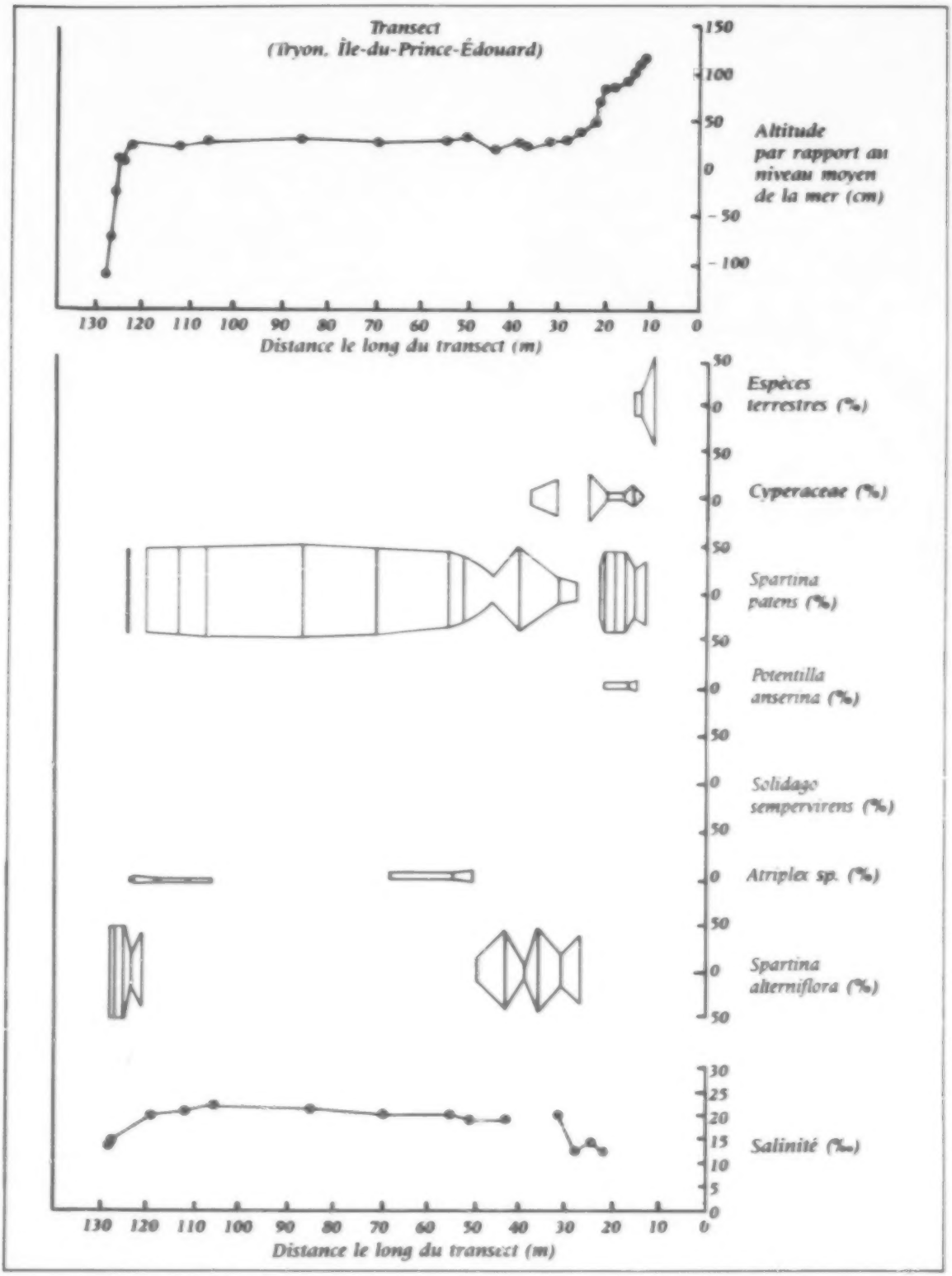
Figure 7–11.

Transect de végétation réalisé au mont Stewart à l'Île-du-Prince-Édouard. Noter, dans ce cas, l'irrégularité du haut marais. Le format est le même que celui de la figure 7–7.

Écosse (Hatcher *et al.*, 1981), la production de la fixation annuelle de l'azote est estimée à 115 kg/ha dont 92 kg/ha sous la surface de la boue.

Des études de marais bordant des plans d'eau à amplitudes normales de marée indiquent que les quantités d'azote combiné introduites dans ces marais chaque saison ne peuvent expliquer la productivité observée (Smith *et al.*, 1979). Les niveaux élevés de fixation d'azote sont caractéristiques de ces marais (Carpenter *et al.*, 1978; Patriquin et McClung, 1978; Patriquin et Keddy, 1978), et fournissent peut-être l'azote qui manque. Ces marais sont néanmoins jugées pauvres en azote (Valiela et Teal, 1974; Broom *et al.*, 1975).

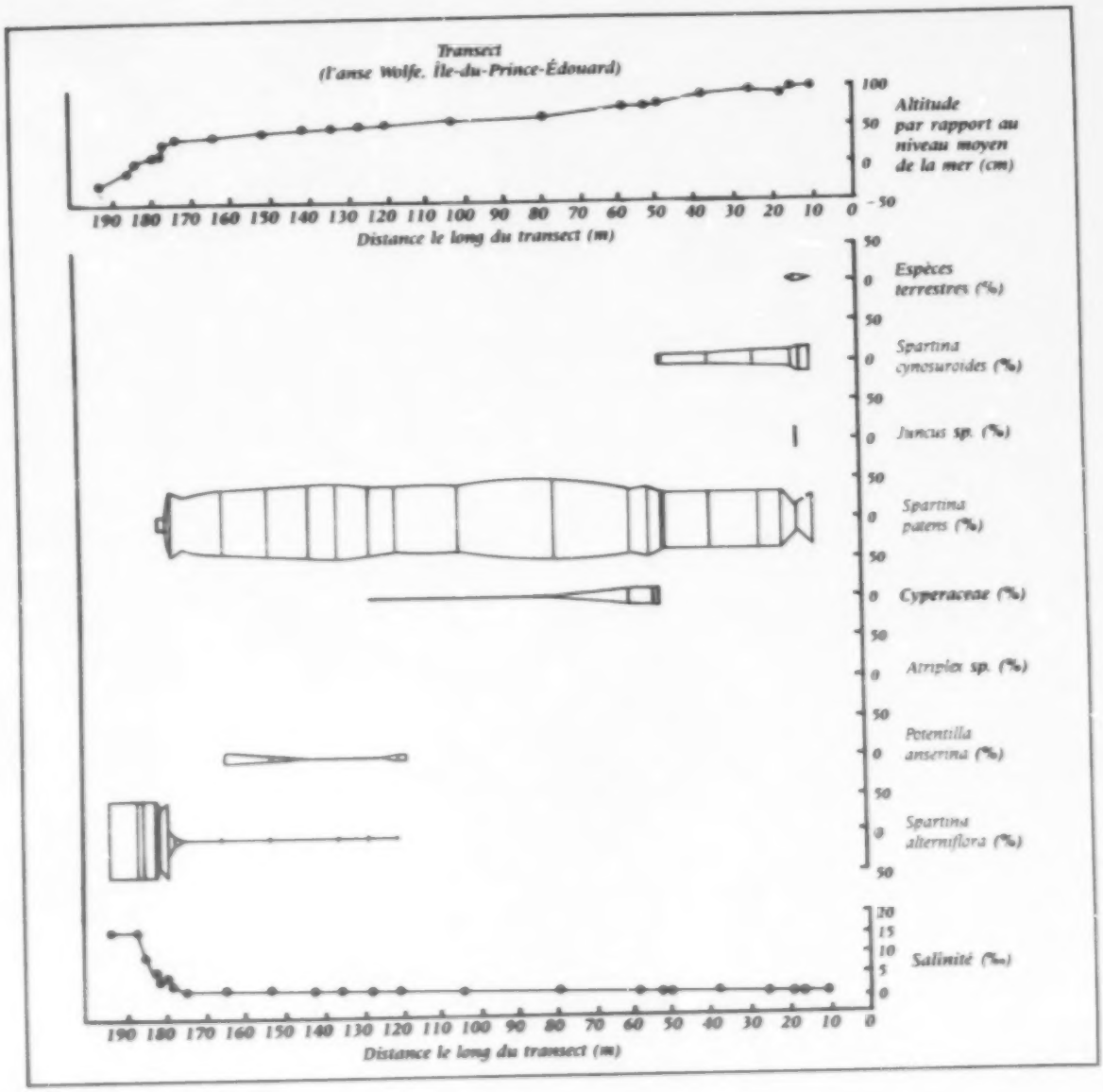
Les taux de fixation de l'azote dans le sol des marais du bassin Minas en Nouvelle-Écosse sont beaucoup moins élevés que ceux des autres marais de l'Atlantique et ne fournissent qu'environ 7.5 % des "besoins des angiospermes", ce qui indique que la croissance de ces plantes peut être restreinte par la pénurie d'azote (Smith *et al.*, 1979). La fixation de l'azote peut être freinée par l'addition externe d'azote combiné



Source : Scott et Medioli (1978).

Figure 7–12.

Transect de végétation réalisé à Tryon dans l'Île-du-Prince-Édouard. Le format est le même que celui de la figure 7–7.



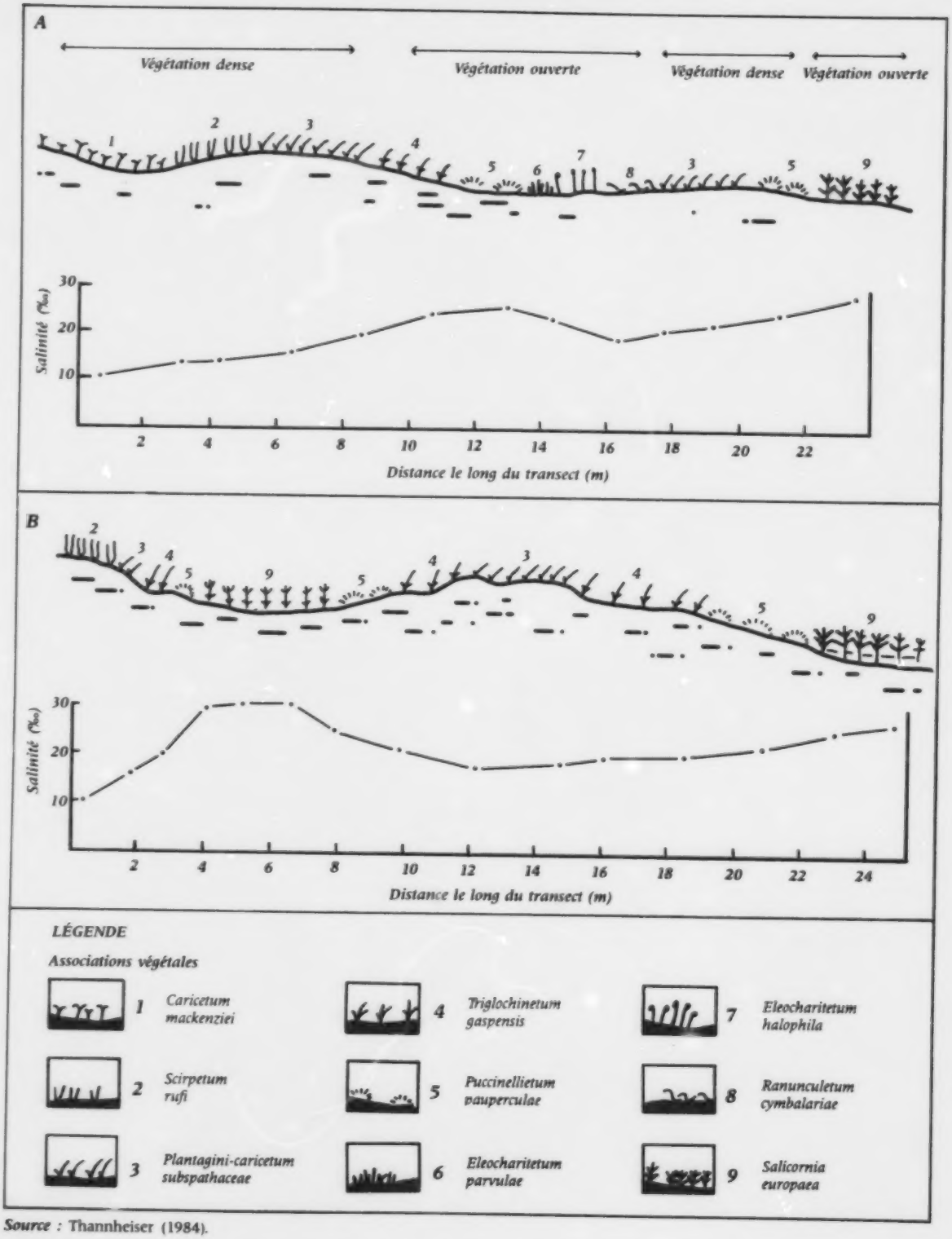
Source : Scott et Medioli (1978).

Figure 7–13.
Transect de végétation réalisé à l'anse Wolfe dans l'Île-du-Prince-Édouard. Le format est le même que celui de la figure 7–7.

Tableau 7–11. Répartition des marais de rivage dans les portions québécoises du golfe du St-Laurent

Endroit de l'inventaire	Marais indifférenciés	Marais à *Spartina alterniflora*	Marais à *Spartina patens*	Marais salés	Total
	Superficie (ha)				
Rives et îles de l'estuaire	—	2 167	536	1 708	4 411
Péninsule de la Gaspésie	—	93	37	1 090	1 220
Côte-Nord	—	88	—	1 249	1 337
Îles-de-la-Madeleine	563	148	—	916	1 627
Total	563	2 496	573	4 963	8 595

Source : Environnement Canada (1986).



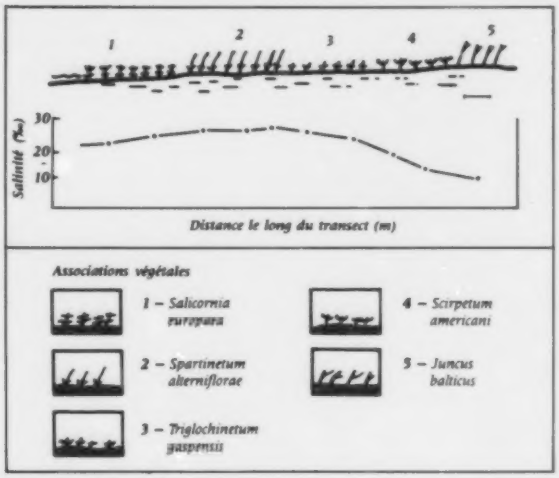
Source : Thannheiser (1984).

Figure 7–14.

Séquence de végétation en fonction de la distribution de la salinité (valeurs dans le sol ou dans l'eau données en pourcentage) dans deux marais salés (A et B) situés près de St. Paul's à Terre-Neuve.

(Shanmugan et Morand, 1974; Burns et Hardy, 1975). Dans le bassin Minas, les courants très rapides transportent d'importantes charges de matières en suspension et peuvent fournir cet azote supplémentaire. Smith *et al.* (1979) ont suggéré que les marais du bassin Minas, contrairement aux marais de la côte atlantique, ne sont pas pauvres en azote, puisque le sol est très bien approvisionné par les forts courants des marées.

Les marais de la Réserve nationale de faune John Lusby à Amherst en Nouvelle-Écosse ont une productivité d'azote inférieure à celle des marais du détroit de Northumberland ou de la côte atlantique (Morantz, 1976). Les marées du secteur d'Amherst ont une amplitude de 15 m et, puisque les marais ne sont touchés que par les 4 m supérieurs de cette amplitude, ils sont beaucoup moins inondés que les autres marais qui le sont à presque toutes les marées haute. Les étangs de retenue pour la sauvagine dans les marais de la baie de Fundy empêchent l'écoulement des eaux de marée mais favorisent en réalité la productivité primaire en retenant ces eaux pendant une période plus longue (Morantz, 1976).



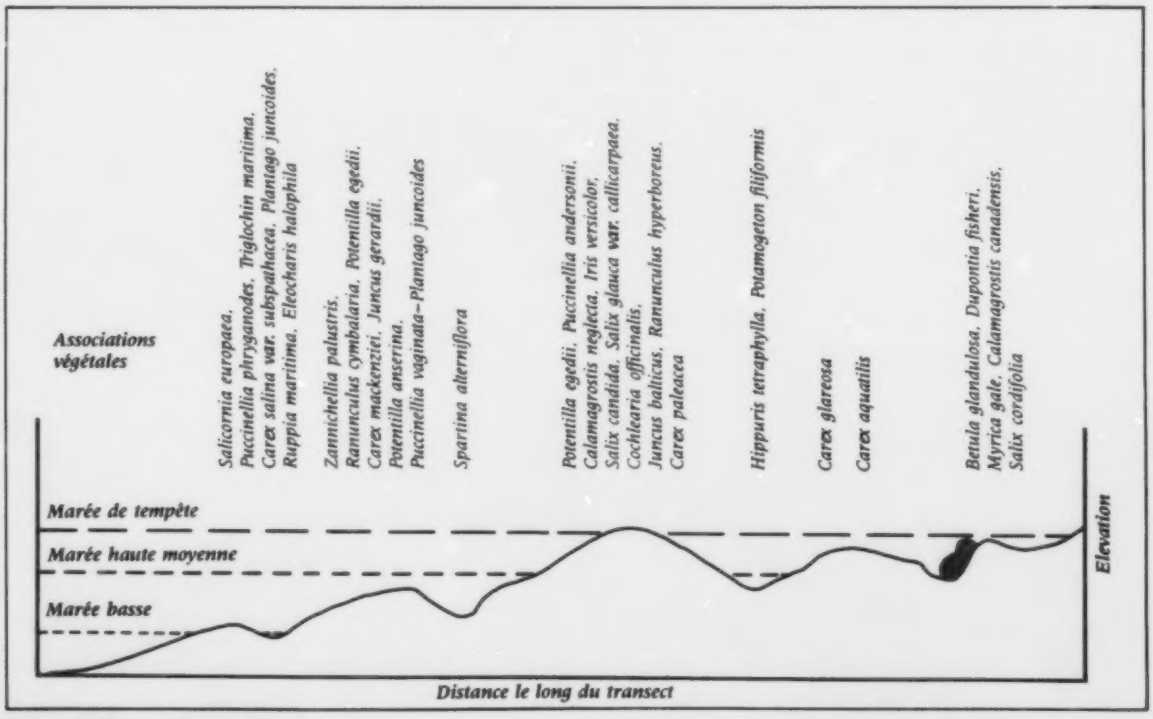
Source : Thannheiser (1984).

Figure 7–15.

Coupe transversale d'un marais salé des environs de Stephenville Crossing à Terre-Neuve illustrant la distribution des associations végétales et de la salinité du sol et de l'eau.

Origine et formation des marais salés atlantiques

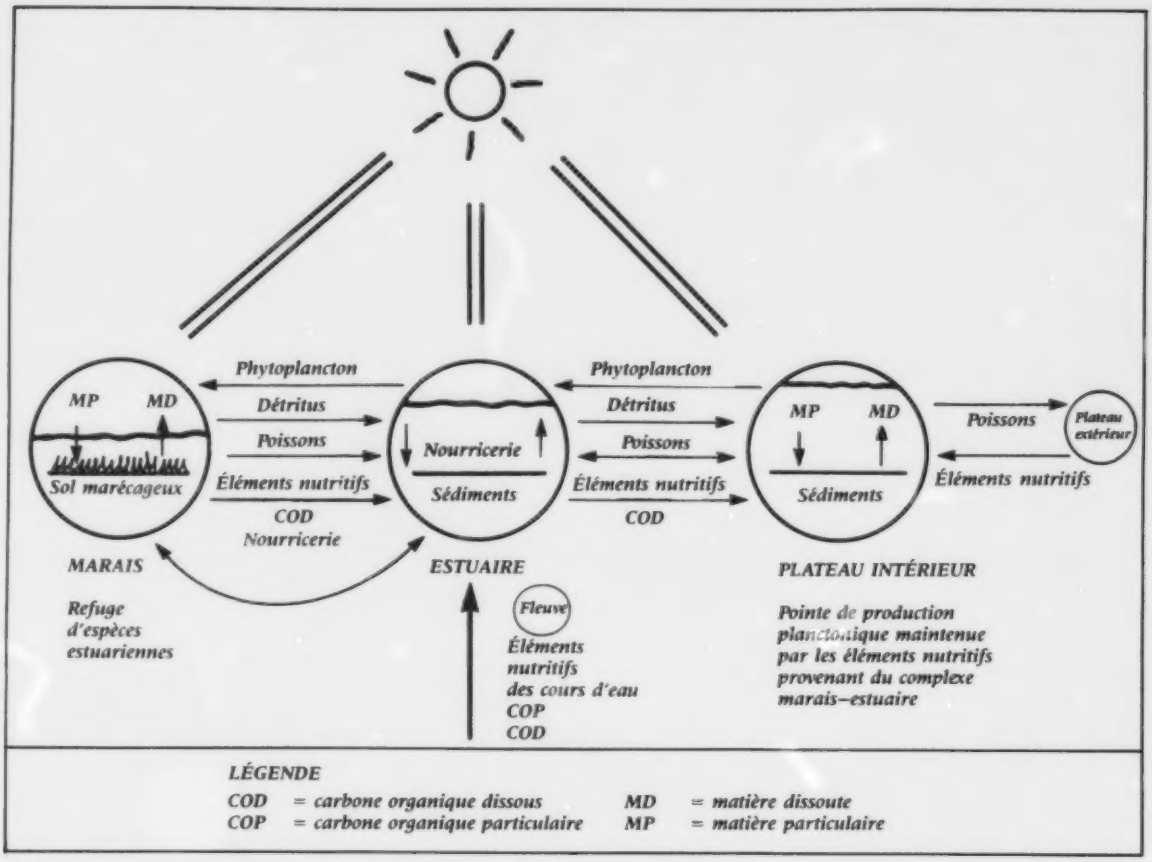
La formation et le développement des marais salés sont influencés par les marées, les amplitudes, la sédimentation et l'inondation des terres ou les changements du niveau de la mer (figure 7–18). Har-



Source : Roberts et Robertson (1986).

Figure 7–16.

Associations végétales le long d'un profil de marais salé à la baie Groswater, dans le sud-est du Labrador.



Sources : Hatcher *et al.* (1981), d'après Haines (1979).

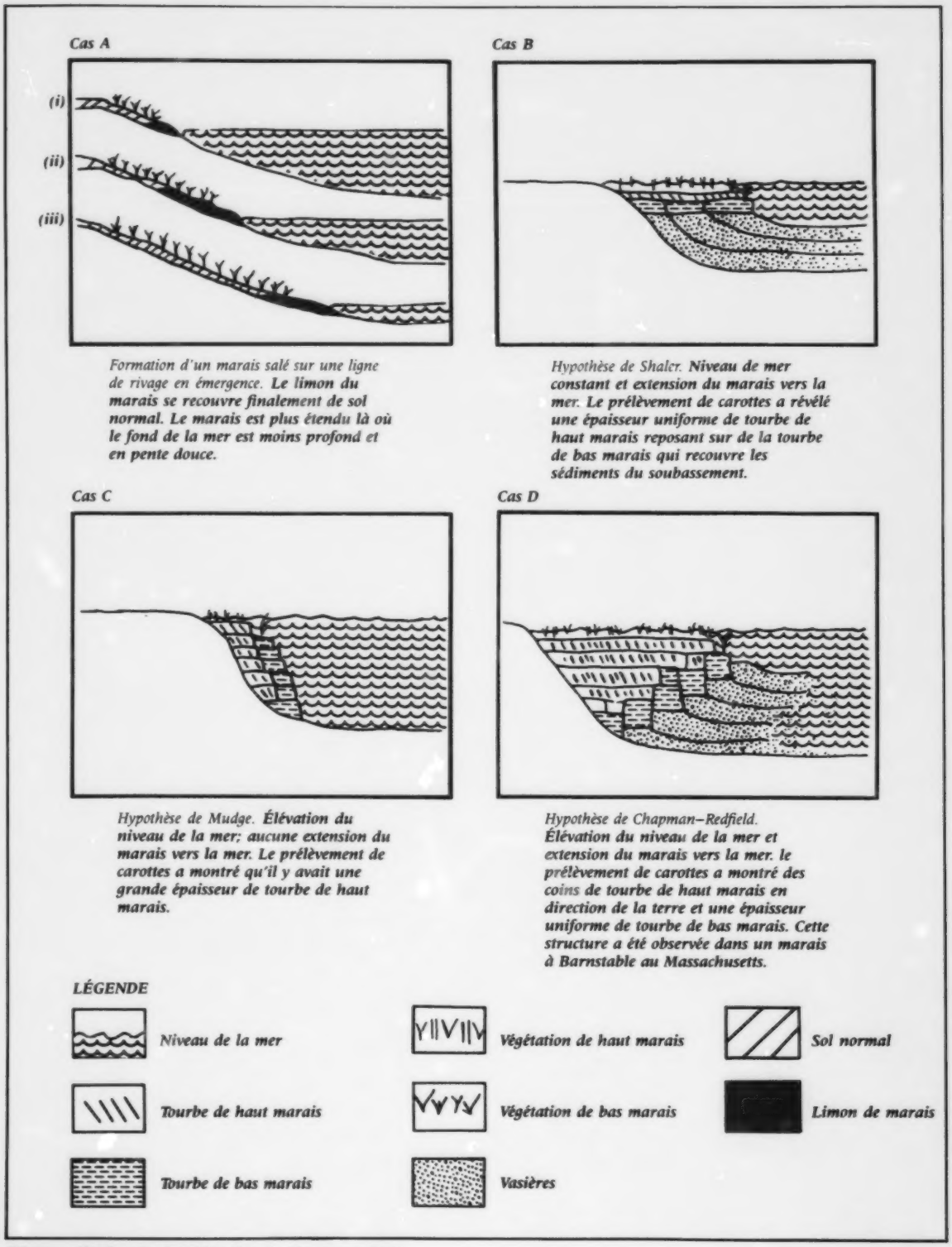
Figure 7–17.

Dynamique du déplacement des éléments nutritifs dans un système de marais–estuaire. Une pointe de production en dehors de l'estuaire agit comme tampon aux éléments nutritifs provenant du marais et sortant de l'estuaire. Le plancton, lui, retourne dans le marais–estuaire, fournissant ainsi un aliment de très grande qualité aux animaux-filtreurs.

rison et Bloom (1977) ont indiqué que (1) l'amplitude verticale du marais est influencée par les positions de la laisse de haute mer et les niveaux moyens de la mer et que (2) les plus fortes amplitudes augmentent les taux de sédimentation et favorisent donc une colonisation plus rapide des marais. Toutefois, dans la baie de Fundy, où les amplitudes sont supérieures à 7 m, il n'existe plus de relation verticale entre le marais et les niveaux des marées. La plus forte amplitude absolue est de 3 à 4 m de sorte que, dans une région où l'amplitude est de 16 m, le marais sera touché seulement par un quart de l'amplitude et non par la moitié (Scott et Medioli, 1980a; Smith *et al.*, 1984). De même, on peut attribuer la formation rapide de marais dans l'anse Chezzetcook en Nouvelle-Écosse depuis 1950 à un apport accru de sédiments directement relié à la construction de routes à cette époque (figure 7–19). La charge élevée de sédiments distribués à la surface de la vasière a soulevé cette surface suffisamment pour permettre la colonisation par *Spartina alterniflora*.

Tout le territoire côtier Atlantique du Canada est en train de s'enfoncer, à l'exception du littoral du Labrador qui émerge toujours à cause d'une charge initiale de glace plus importante ou à cause d'un retrait plus tardif de la glace. Le littoral de la Nouvelle-Écosse s'enfonce depuis au moins 7 000 ans (Scott et Medioli, 1982), tandis que la plupart des régions de la baie de Fundy s'enfoncent depuis 5 000 à 7 000 ans (Scott et Greenberg, 1983). La submersion dans l'Île-du-Prince-Édouard attribuable à une forte inclinaison d'une extrémité à l'autre n'est pas aussi importante qu'en Nouvelle-Écosse (Scott *et al.*, 1981). À Terre-Neuve la plupart des terres s'enfoncent maintenant après émergence substantielle à la suite du retrait des glaces (Brookes *et al.*, 1985). Il n'y a pas de données précises pour le Labrador, mais les sols des marais observés sont peu profonds (quelques centimètres) et reposent directement sur la moraine glaciaire ou le gravier; rien n'indique une accumulation de longue date. L'existence de ces dépôts peu profonds indique que la côte émerge.

Le mouvement du niveau de la mer influence directement la formation des marais. Au Québec, où se



Formation d'un marais salé sur une ligne de rivage en émergence. ***Le limon du marais se recouvre finalement de sol normal. Le marais est plus étendu là où le fond de la mer est moins profond et en pente douce.***

Hypothèse de Shaler. ***Niveau de mer constant et extension du marais vers la mer. Le prélèvement de carottes a révélé une épaisseur uniforme de tourbe de haut marais reposant sur de la tourbe de bas marais qui recouvre les sédiments du soubassement.***

Hypothèse de Mudge. ***Élévation du niveau de la mer; aucune extension du marais vers la mer. Le prélèvement de carottes a montré qu'il y avait une grande épaisseur de tourbe de haut marais.***

Hypothèse de Chapman–Redfield. ***Élévation du niveau de la mer et extension du marais vers la mer. le prélèvement de carottes a montré des coins de tourbe de haut marais en direction de la terre et une épaisseur uniforme de tourbe de bas marais. Cette structure a été observée dans un marais à Barnstable au Massachusetts.***

Sources : Hatcher *et al.* (1981) d'après Chapman (1974).

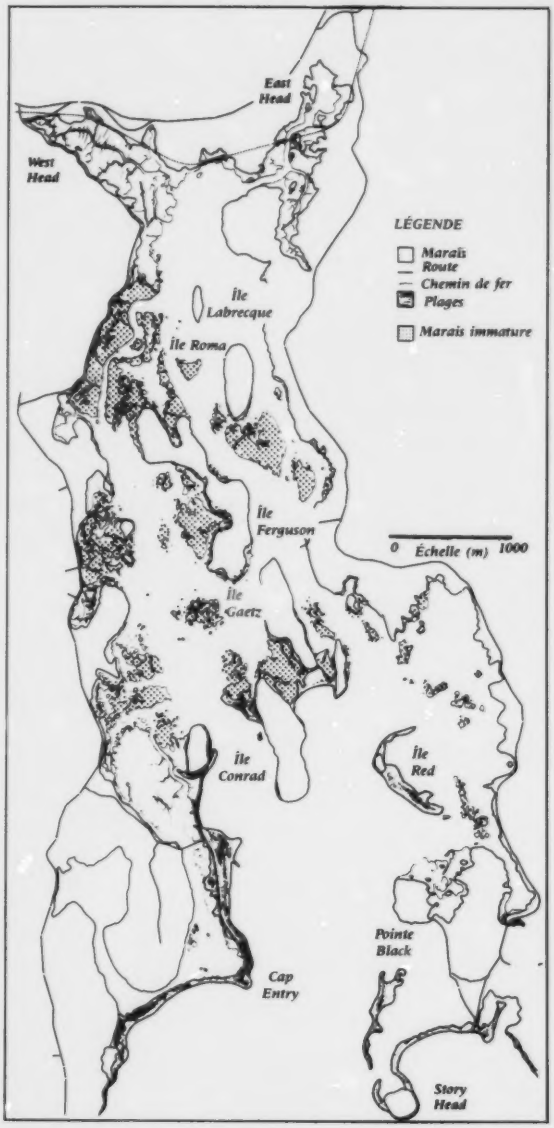
Figure 7–18.
Quatre types de formation de marais.

produit toujours une émergence substantielle, les marais colonisent continuellement les versants de pente à mesure que baisse le niveau de l'eau. Les dépôts de marais sont minces, généralement jamais plus de 1 m d'épaisseur, et les parties basales, composées de dépôts de l'étage inférieur recouverts par l'étage supérieur, se transforment finalement en terres humides d'eau douce à mesure que ce territoire émerge et se coupe de l'influence marine.

Les quelques marais de Terre-Neuve sont composés de dépôts minces et superficiels. Cette caractéristique pourrait résulter d'une montée très lente du niveau de la mer ou de l'absence de sédiments ou des deux. Ailleurs dans les terres atlantiques, là où il y a submersion, les marais ont une séquence de formation contraire : à mesure que monte le niveau de la mer, l'étage supérieur colonise les parties plus élevées de la rive, avec le résultat que les dépôts de base sont ceux de l'étage supérieur et non de l'étage inférieur du marais et que des accumulations importantes se produisent (Scott, 1980). D'habitude la croissance d'un marais se fait au rythme de l'élévation du niveau de la mer; toutefois, si tel n'est pas le cas, la tourbe est enfouie par les boues intertidales.

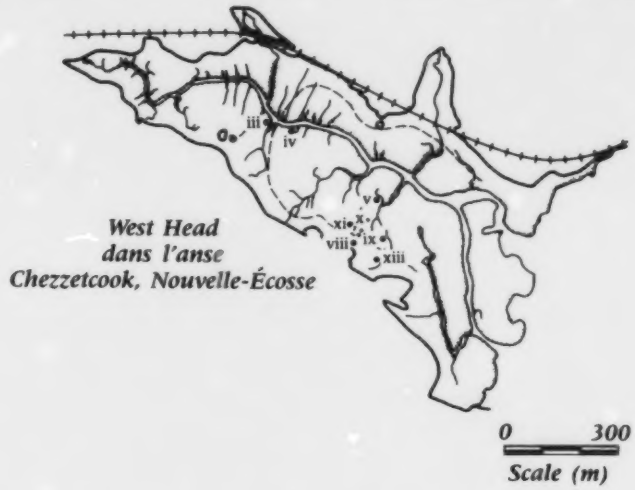
La plus longue séquence marais–estuaire, échantillonnée sur le littoral atlantique, se trouve dans un marais de l'anse Chezzetcook (figure 7–20). Elle révèle une tourbe de base d'eau douce en contact direct avec un marais salé; le milieu s'est rapidement transformé en une vasière intertidale et n'est redevenu un marais que récemment (Scott, 1977, 1980). Le déclenchement de la formation du marais, il y a 200 ans peut être directement relié à l'établissement des Européens qui, en défrichant les terres adjacentes, ont provoqué l'augmentation de la sédimentation. L'augmentation du taux de sédimentation était suffisant pour surélever la surface terrestre et permettre la colonisation par le marais. Dès que le marais a commencé à se former, il a retenu davantage de sédiments et a aidé à sa propre expansion. À la fin des années 1940, davantage de marais se sont soudainement formés dans la partie intérieure de l'estuaire ("marais immatures", comme l'indique la figure 7–19). Cette formation peut être directement liée aux effets de la construction de routes, comme on a expliqué antérieurement.

Plusieurs marais autour de la baie de Fundy ont également été sondés (figure 7–21). Les résultats montrent des stratigraphies semblables avec à la base des tourbes d'étage supérieur recouvertes soit par des sédiments de vasière, soit par une longue séquence de dépôts de marais, comme on peut l'observer à Kingsport en Nouvelle-Écosse. L'amplitude de la marée semble avoir peu d'importance dans la séquence globale : les marais de Chebogue, avec une amplitude de 5 m à peine, et de Fort Beauséjour, avec une amplitude de 16 m, n'ont pas une séquence continue de marais. Toutefois, Kingsport et la pointe Mary's, qui ont toutes deux une amplitude de 16 m, présentent séquence continue. Dans l'Île-du-Prince-Édouard, les séquences de marais sont continues mais beaucoup plus minces (Scott *et al.*, 1981) que celles observées dans les secteurs de la baie de Fundy et de la côte atlantique. L'épaisseur de la séquence peut résulter, en partie, de la topographie locale et non du niveau de la mer ni des taux de sédimentation. Les estuaires du littoral atlantique semblent s'enfoncer plus profondément dans l'assise rocheuse que ceux de l'Île-du-Prince-Édouard; c'est pourquoi les dépôts estuariens ne sont pas aussi épais dans l'Île-du-Prince-Édouard.

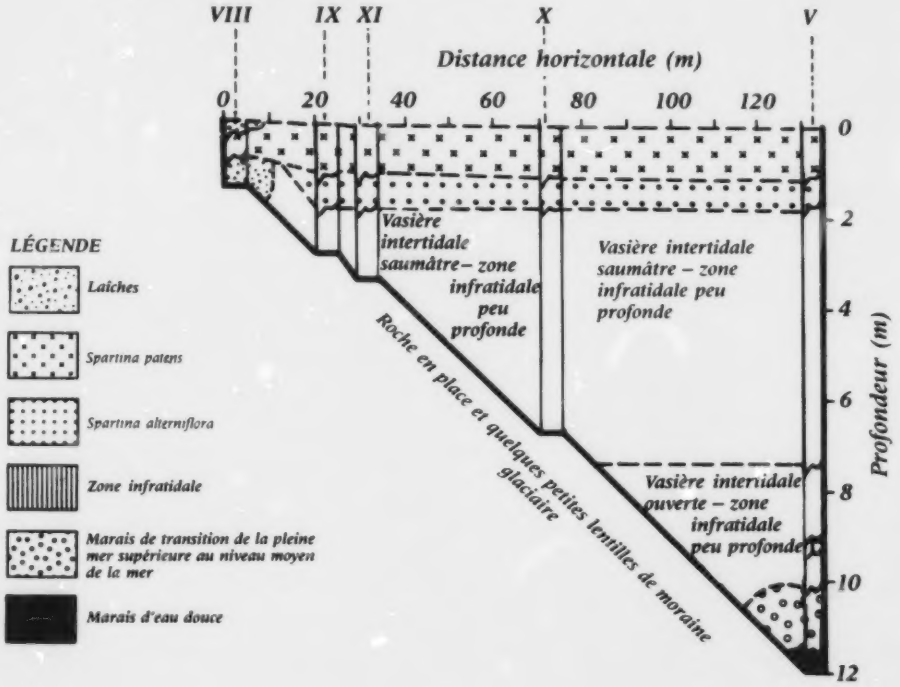


Source : Scott et Medioli (1980a).

Figure 7–19.
Carte de 1974 de l'anse Chezzetcook en Nouvelle-Écosse montrant les marais immatures (comprenant seulement Spartina alterniflora*) et les marais matures (tous les étages sont colonisés).*



(A) Agrandissement du West Head de l'anse Chezzetcook en Nouvelle-Écosse montrant l'emplacement des trous de sondage. Le pointillé correspond à l'étendue maximum approximative de la vasière; iii–xiii représentent les numéros des trous de sondage.



(B) Stratigraphie du trou de sondage provenant du West Head déterminée d'après les foraminifères présents dans les sédiments; V–XI représentent les numéros des trous de sondage.

Source : Scott (1980).

Figure 7–20.

Carte (A) et stratigraphie (B) d'un marais de l'anse Chezzetcook en Nouvelle-Écosse. D'après une datation au radiocarbone 14, la séquence d'eau douce aurait 9 600 ans alors que le marais salé qui le recouvre aurait 5 000 ans et représente un niveau de la mer de 11 m plus bas que celui d'aujourd'hui.

Marais atlantiques d'eau douce

Une grande partie de la topographie des terres atlantiques est caractérisée par de basses terres onduleuses et des plateaux mamelonnés qui, avec les précipitations relativement élevées, influencent la formation de terres humides d'eau douce. Les marais, qui représentent jusqu'à 30 % des terres humides de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick, 50 % de celles de l'Île-du-Prince-Édouard et moins de 10 % de celles de Terre-Neuve (Groupe de travail national sur les terres humides 1979, 1986), se sont formés dans les endroits où il y a eu assez d'accumulation de sédiments riches en éléments nutritifs (Weller, 1981). Malgré leur superficie totale restreinte, il s'agit d'écosystèmes diversifiés et productifs qui abritent une grande variété de plantes et d'animaux. Trois principaux groupes de marais ont été définis pour le Canada (Tarnocai, 1980) : (1) les marais de bassin "individuel" (bassin terminal), (2) les marais "fluviaux" (de plaine d'inondation, des cours d'eau, de chenal et de delta actif), et (3) les marais "lentiques" (de rivage). Puisque toutes ces formes de marais se trouvent dans toutes les terres atlantiques, on donne une courte description de chacune.

Un marais de bassin terminal possède un bassin inondé bien défini, généralement bordé d'une végétation émergente robuste. L'eau provient de la pluie ou de la fonte des neiges, de petits ruisseaux et à l'occasion de l'infiltration de sources d'eau souterraines. L'eau libre du bassin est généralement peu profonde, moins de 1 m, et dans le sol organique très décomposé du fond poussent des plantes aquatiques submergées et flottantes.

Le marais fluvial se forme d'habitude dans un delta ou une plaine d'inondation, il est associé à des rivières et est soumis à l'inondation saisonnière et au dépôt de limon. Des parties du marais peuvent s'assécher pendant certaines périodes de l'année; des bras morts naissent souvent lors des changements fréquents du cours des rivières qui se produisent dans ces sites dynamiques. Les marais fluviaux abritent une diversité de joncs, de laîches et d'herbacées, et des prés secs prédominent souvent. Parce qu'ils drainent souvent de vastes superficies, ces sites de plaine d'inondation et de delta constituent les marais les plus riches et les plus étendus du Canada. Dans les milieux à relief émoussé, le lessivage et les inondations provoquent des taux élevés de sédimentation dans les deltas, les plaines d'inondation et les bras morts. Les inondations fréquentes et l'envasement renouvellent les éléments nutritifs qui favorisent la prolifération d'une végétation marécageuse riche, diverse et très parsemée (figure 7–22). La végétation de ces marais est dominée par des espèces comme *Equisetum fluviatile* qui tolèrent toute une gamme de niveaux d'eau.

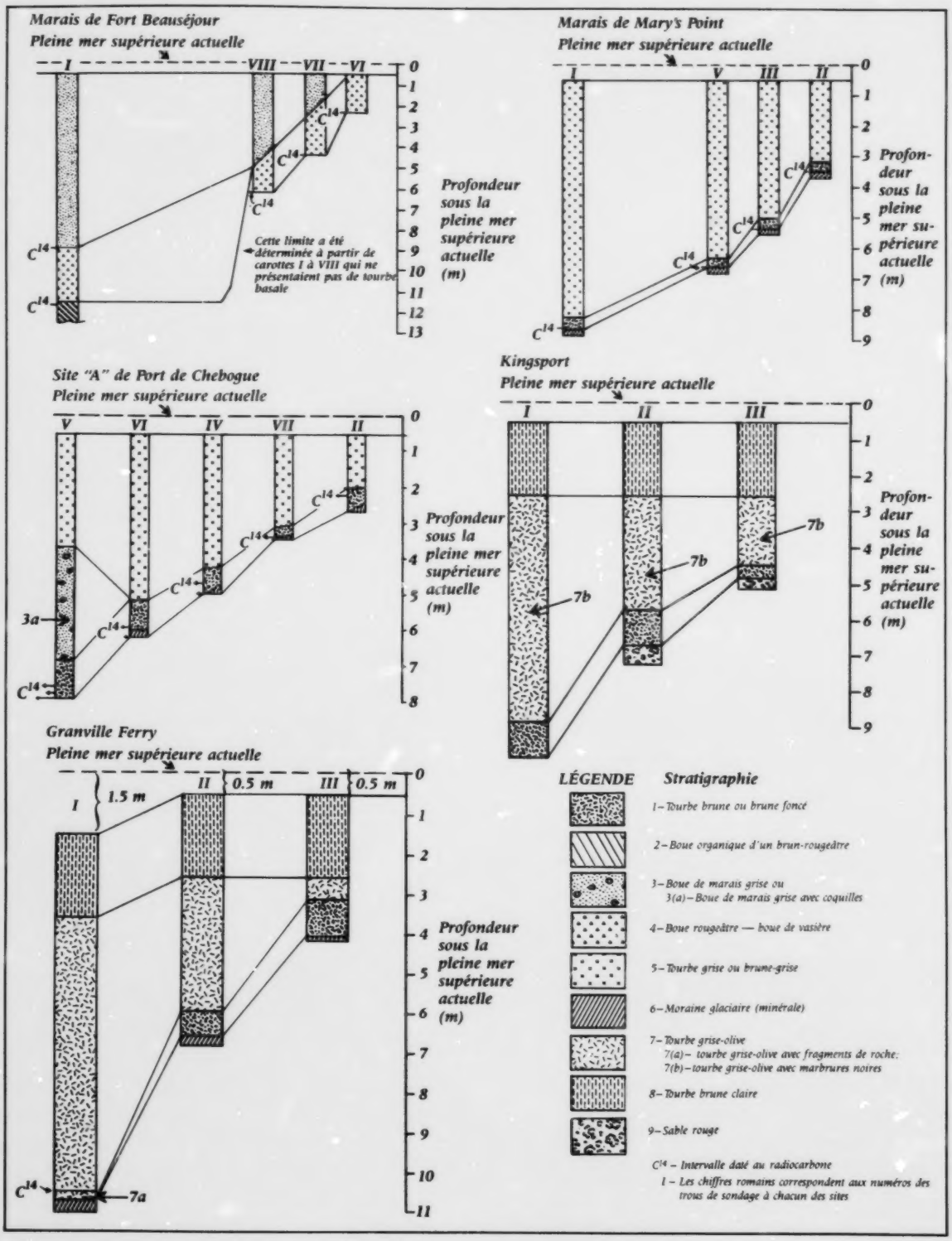
Les marais de rivage se forment le long des rives de grands lacs où le gravier, le sable et le sol déposés par les vagues, le vent ou l'action des glaces, créent un bassin marginal qui retient l'eau provenant du bassin hydrographique avoisinant. Dès qu'il y a suffisamment de sédiments d'accumulés les plantes de marais peuvent s'épanouir. Les inondations périodiques provenant du lac alimentent à la fois le marais et le lac en éléments nutritifs.

Formation et développement des marais d'eau douce

La plupart des bassins de terres humides sont formés par l'activité tectonique, le mouvement de l'eau, l'action des glaces ou le glissement du sol (Weller, 1981). Dans toutes les terres atlantiques du Canada, l'action de la glace a beaucoup refaçonné la surface terrestre; ainsi, certains secteurs contiennent des terres humides plus riches biologiquement que d'autres parce que la productivité et l'emplacement des marais isolés sont influencés par le climat, le type de sol, la profondeur de l'eau, l'apport d'éléments nutritifs et la topographie.

Au Canada atlantique, le castor (*Castor canadensis*) joue un rôle important dans la formation des marais de bassin terminal. L'inondation des arrières-plages causée par des barrages de castors entraîne un apport de matières organiques et, par conséquent, l'enrichissement de l'eau. En outre, le barrage des étangs, des lacs ou des ruisseaux retarde le drainage et augmente la sédimentation, ce qui fournit une strate favorisant la croissance de plantes aquatiques et semi-aquatiques. Ces terres humides se développent d'habitude de la bordure externe du bassin vers le centre, ce qui donne une disposition linéaire et concentrique des zones de végétation. Les marais fluviaux présentent le plus souvent des configurations plus coupées et hétérogènes (figure 7–22).

Les matières végétales intégrées et en voie de décomposition ajoutent aux taux de sédimentation, et le marais se remplit progressivement. La figure 7–23 présente le passage hypothétique d'une eau libre à travers différents stades d'un marais. Les principaux facteurs déterminants sont la profondeur de l'eau et les effets des activités animales, surtout celles du castor et du rat musqué (*Ondatra zibethicus*). Tout le processus prend des centaines d'années pour atteindre le stade végétal terrestre du climax stationnel. Toutefois, le passage de l'état d'eau libre à l'état de marais émergent et riche peut se produire en moins de 10 ans dans certaines conditions, comme dans un bassin d'alimentation peu profond où existe une population de plantes de marais. Les systèmes dynamiques associés aux marais fluviaux présentent souvent plusieurs stades de développement. Les influences hydrologiques d'importants réseaux fluviaux peuvent renverser les schémas de succession, comme le montre la figure 7–23. Dans ces conditions, les taux élevés de décomposition végétale peuvent contrebalancer ceux



Source : Scott et Greenberg (1983).

Figure 7–21.
Plusieurs stratigraphies lithologiques provenant de sites de la région de la baie de Fundy.

de la productivité; par conséquent, les sites demeurent indéfiniment des marais.

Distribution des marais d'eau douce au Canada atlantique

Nouvelle-Écosse

Il existe des bogs, des marécages arbustifs et des complexes de fens le long des cours d'eau de la côte atlantique. Ces cours d'eau et ces terres humides, généralement oligotrophes, ont un faible pH (de 6.5 ou moins) et de faibles concentrations d'éléments minéraux et nutritifs. Toutefois, la plus grande étendue de marais d'eau douce se trouve dans le secteur d'Amherst–Sackville, à la frontière entre la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick. Ce secteur des marais Tantramar contient des milliers d'hectares de marais à typhas et des basses terres à digues et à tranchées abandonnées.

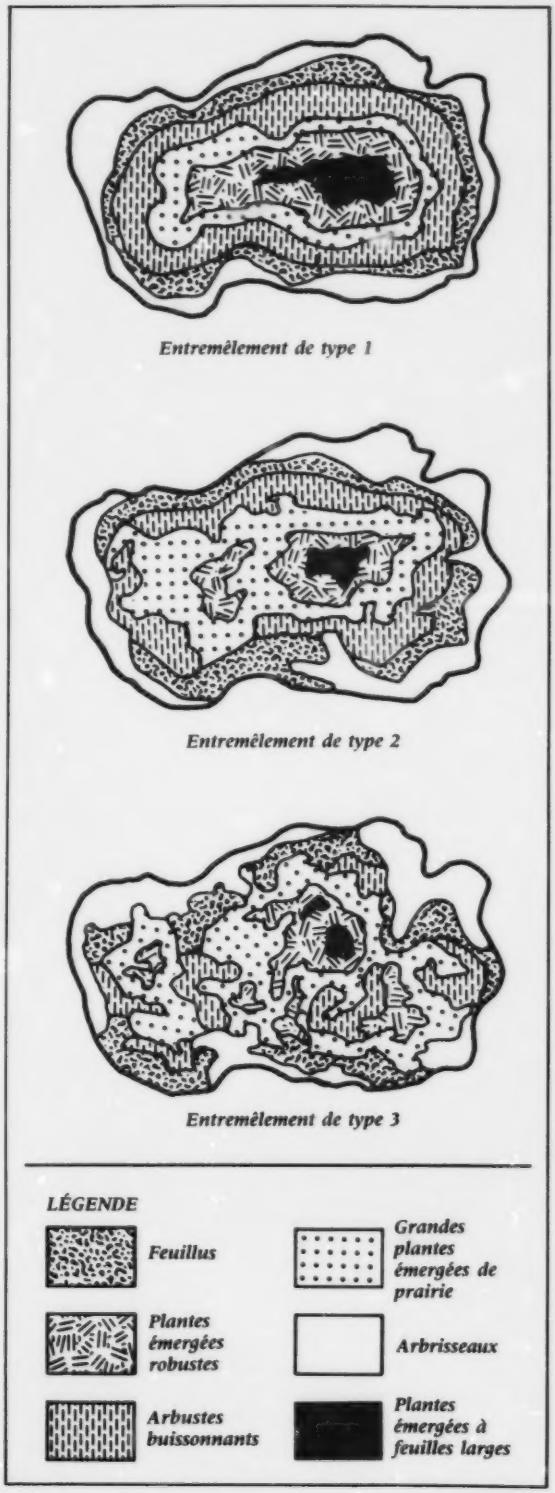
Les typhas et les scirpes sont des plantes importantes dans les marais d'eau douce de la Nouvelle-Écosse. Les dépressions d'eau peu profonde et les eaux libres sont caractérisées par les plantes aquatiques suivantes : nénuphar à fleurs panachées (*Nuphar variegatum*), nymphéa odorant (*Nymphaea odorata*), brasénie de Schreber (*Brasenia schreberi*, particulièrement abondante dans le nord de la Nouvelle-Écosse), faux-nymphéa (*Nymphoides* spp.), potamots (*Potamogeton* spp.), rubaniers (*Sparganium* spp.), acorus roseau (*Acorus calamus*, particulièrement abondant dans le nord de la Nouvelle-Écosse), calla des marais (*Calla palustris*), sagittaires (*Sagittaria* spp.), lenticules (*Lemna* spp.), renouées (*Polygonum* spp.), utriculaires (*Utricularia* spp.), cornifles (*Ceratophyllum* spp.), myriophylles (*Myriophyllum* spp.) et pontédérie cordée (*Pontederia cordata*).

De riches plaines d'inondation se trouvent le long des rivières Musquodoboit, Annapolis et Margaree. Selon le degré d'envasement et la topographie locale, des prés et des marais émergents peuvent avoir des plantes aquatiques et flottantes dans leurs eaux à faible courant. Des arbustes, comme l'aulne (*Alnus rugosa*), le myrique baumier (*Myrica gale*) et la spirée à larges feuilles (*Spiraea latifolia*), peuvent former des peuplements purs.

Nouveau-Brunswick

Les plus importants marais d'eau douce du Nouveau-Brunswick se trouvent dans la plaine d'inondation qui domine la vallée de la rivière Saint-Jean, au sud-est de Frédéricton. Cette plaine d'inondation influence de vastes étendues adjacentes de lacs, de ruisseaux et de basses terres et produit de façon saisonnière une série d'étangs, de prés et de marécages arbustifs riches.

En règle générale, les sols du Nouveau-Brunswick sont relativement pauvres en éléments nutritifs et les



Source : Golet (1972).

Figure 7–22.
Types d'entremêlement de la végétation.

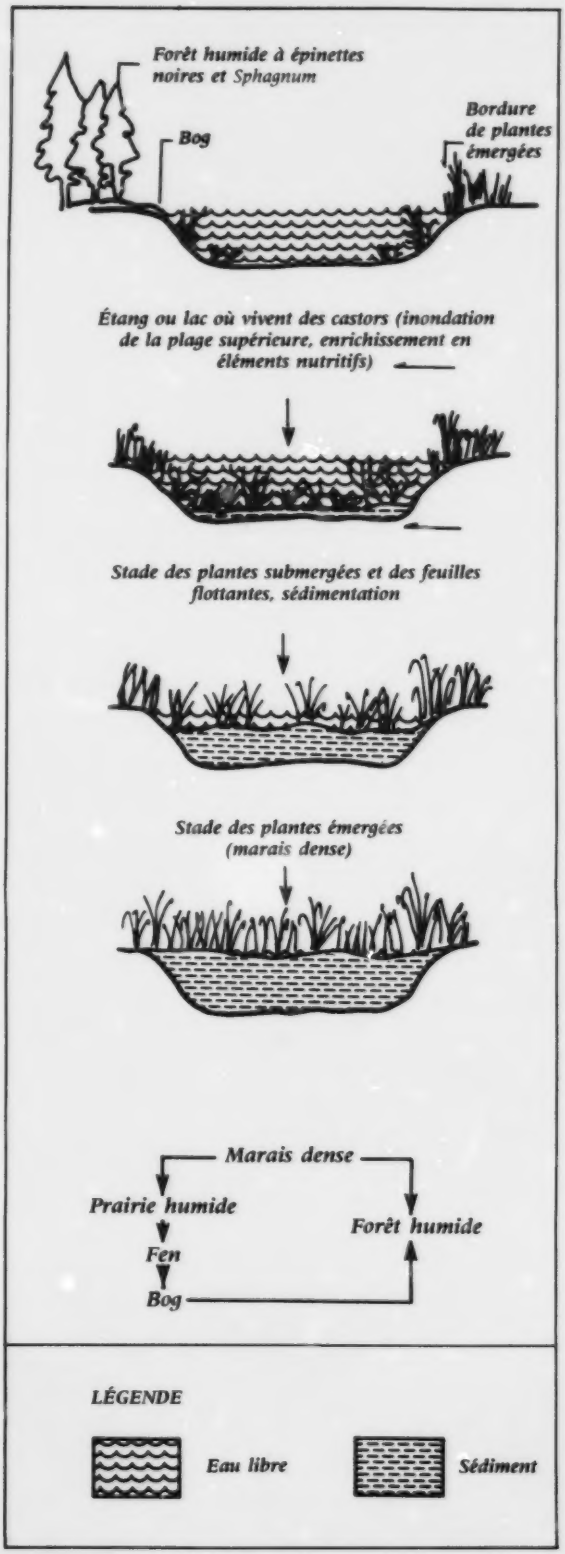


Figure 7–23.
Origine et succession théoriques d'un marais de bassin d'eau douce.

marais se limitent à de rares bassins terminaux naturels et aux aires d'activité des castors le long des cours d'eau. Localement, l'assise rocheuse plus riche du nord-ouest et du sud-est (le secteur de Sussex) augmente la productivité de certaines terres humides. Les basses terres de l'est occupent une vaste superficie triangulaire depuis le centre-sud du Nouveau-Brunswick jusqu'à la baie des Chaleurs et le long de la côte jusqu'à la frontière de la Nouvelle-Écosse. Le relief terrestre plat empêche le drainage de sorte que les tourbières sont plus répandues.

Les terres humides des rivages de la baie de Fundy sont généralement associées à des terres mal drainées abandonnées par l'agriculture et qui se sont transformées à la longue en terres humides (Rowe, 1972). En outre, les valeurs du pH sont un peu plus élevées dans les marais du Nouveau-Brunswick que dans ceux de la Nouvelle-Écosse; toutefois, la végétation est semblable dans les deux cas.

Île-du-Prince-Édouard

L'Île-du-Prince-Édouard est composée d'un substrat fertile de loam sableux rouge reposant sur du grès. L'alcalinité et la teneur en éléments nutritifs des eaux sont généralement élevées, c'est-à-dire que les eaux sont neutres à légèrement alcalines. Les marais de grandeur limitée (de 20 ha ou moins) comprennent souvent une flore indicatrice de substrats riches, comme *Sparganium eurycarpum*, *Lemna* spp., et *Spirodela polyrhiza*; la végétation émergente est dominée par des typhas (*Typha* spp.) et des scirpes (*Scirpus* spp.). La végétation de la plupart des marais de l'Île-du-Prince-Édouard est typique de la phase fermée et émergente décrite à la figure 7–23, un résultat direct des eaux peu profondes et de la fertilité globale élevée produite par les concentrations élevées d'éléments nutritifs comme les phosphates, les nitrates et surtout le calcium (Ca) (R. Dibblee, communication personnelle).

Terre-Neuve et Labrador

La topographie onduleuse des dépôts glaciaires, typiques d'une grande partie du centre et de l'est de Terre-Neuve, est parsemée de petits bassins hydrographiques qui, en association avec l'activité des castors, ont formé des marais localisés. La formation de baies marécageuses dans la plupart des réseaux de lacs est freinée par l'action des vagues, les sédiments grossiers et les eaux acides qui ont une faible concentration d'éléments nutritifs disponibles, particulièrement de phosphate, qui est un élément nutritif limitatif dans de nombreuses parties des terres humides atlantiques (J. Kerekes, communication personnelle; Ostrofsky et Duthie, 1975). La plupart des marais de bassins terminaux renferment de vastes superficies que les mousses *Sphagnum* sont en train de remplir. Au Labrador, ce type de marais n'existe pas à l'extérieur de l'écorégion plus fertile du lac Melville

(Lopoukhine *et al.*, 1977). Les arrières-plages stériles de la forêt d'épinettes–lichens fournissent peu de substrats pour la formation de marais, et de nombreux bassins terminaux présentent des parties envahies par *Sphagnum* et pas de croissance émergente significative. Il existe au Labrador d'importants marais fluviaux dans les vallées plus protégées des rivières, comme le delta du lac Snegamook, et le long des rivières et des ruisseaux des environs du lac Melville, comme le ruisseau Flatwater. Les castors sont rares dans la majeure partie du Labrador intérieur.

Le plateau central du Labrador intérieur renferme de vastes terres humides. Dans le sud, il y a surtout des bogs structurés (décrits au tableau 7–4), mais les fens côtelés de l'Atlantique plus riches commencent à prédominer dans le centre-nord. Il existe de vastes complexes de terres humides dans l'écorégion du réservoir Smallwood (Lopoukhine *et al.*, 1977) qui présentent souvent des affinités avec les fens côtelés de l'Atlantique, les bogs structurés et les marais de bassins terminaux. Ces derniers ne présentent pas les configurations évidentes des tourbières et ont généralement des eaux plus profondes (de 1 à 3 m). Un vaste marais de rivage dominé par des laîches (*Carex limosa, Carex livida, Carex oligosperma*) occupe les bordures des plans d'eau circulaires et il y a souvent de denses colonies émergentes. Ces sites peuvent être dans les premiers stades de transition qui conduisent à la formation de fens côtelés.

Les marais de Terre-Neuve et du Labrador comprennent surtout des laîches, comme *Carex rostrata, Carex lasiocarpa, Carex aquatilis* et *Carex oligosperma*; ces plantes dominent tous les marais du nord de ces terres où l'eau et les sédiments sont souvent acides et pauvres en éléments nutritifs. Le scirpe aigu (*Scirpus acutus*) et le typha à feuilles larges (*Typha latifolia*) se limitent surtout à l'ouest de Terre-Neuve où l'eau et les sols sont plus fertiles. Les arbustes, surtout *Myrica gale*, fournissent une couverture d'envergure conjointement avec les laîches dans les prés humides des marais qui sont souvent des plus étendus et des plus visibles. La figure 7–24 présente la végétation qui distingue les marais de la côte atlantique. Les zones de végétation sont régies par les régimes d'humidité; par exemple, les zones de marais–prés se trouvent à la hauteur ou au-dessus de la nappe phréatique pendant l'été, tandis que les zones émergentes sont habituellement inondées pendant toute l'année. De nombreux oiseaux sont importants pour les marais et la figure 7–24 indique également les habitats de certaines des espèces des marais qui ont plus d'importance pour la côte atlantique. Chaque espèce faunique utilise des aires ou des zones particulières à l'intérieur d'un marais.

Importance des marais d'eau douce pour la faune

Les marais fournissent certains des habitats fauniques les plus riches. Dans bien des parties des landes de l'intérieur de Terre-Neuve et du Labrador, un delta de rivière ou une plaine d'inondation fonctionnent comme une oasis dans un désert et la plupart des espèces utilisent les aliments et le gîte qui s'y trouvent. Les herbivores consomment les herbes tendres, les herbacées et les laîches diverses qui abondent dans les riches sols minéraux et organiques. Par exemple, à Terre-Neuve, les plaines d'inondation du marais Big Steady de la rivière Main (49°50′ N, 57°10′ O) sont exceptionnelles pour le grand nombre d'orignaux (*Alces alces*) qui broutent la végétation du marais. Les autres aires, comme le delta du lac King Georges IV (48°10′ N, 57°53′ O), sont beaucoup utilisées par les caribous mâles des bois (*Rangifer tarandus caribou*) lorsqu'ils se séparent des femelles et de leurs petits en été.

La sauvagine est étroitement associée aux marais. Dans les terres atlantiques du Canada, elle est représentée principalement par quatre espèces de canards—le canard noir (*Anas rubripes*), la sarcelle à ailes vertes (*Anas crecca*), le morillon à collier (*Aythya collaris*) et le garrot à oeil d'or (*Bucephala clangula*)—ainsi que la bernache du Canada (*Branta canadensis*). Presque toutes les espèces de sauvagine se reproduisent dans les milieux marécageux où l'habitat fournit non seulement la nourriture mais aussi un abri sûr contre les prédateurs. Les marais peuvent fournir le gîte et les ressources nécessaires à ces oiseaux qui ne peuvent voler pendant plusieurs semaines au cours de leur mue annuelle; mentionnons par exemple les concentrations de mâles adultes en mue du canard noir dans un marais fluvial au ruisseau Flatwater au Labrador ou la bernache du Canada en mue dans le delta du lac King Georges IV à Terre-Neuve.

Historiquement, les marais ont souvent inspiré du dégoût. Et cette attitude a favorisé leur destruction rapide au profit de l'aménagement pendant la première partie de ce siècle. Peu à peu, le public reconnaît que les terres humides constituent des habitats riches et diversifiés, et les perpectives de conservation de ces écosystèmes primordiaux sont bonnes.

Marécages atlantiques

Les marécages du Canada atlantique n'ont pas été beaucoup étudiés et ne seront pas traités de façon détaillée dans ce chapitre. Cependant, ces terres humides abondent au Canada atlantique et constituent une partie importante de la mosaique écologique régionale. Les marécages boisés de feuillus se limitent principalement aux provinces maritimes quoique les marécages a aulnes ou à saules se trouvent partout. L'érable rouge (*Acer rubrum*) est l'espèce dominante dans les plus grands marécages dont on trouve un des derniers rares exemples dans le parc national de l'Île-du-Prince-Édouard, c'est pourquoi on a pu le conserver dans un état à peu près inchangé. La plupart des autres marécages à érables rouges des maritimes sont disparues depuis longtemps.

Il y a des marécages plus petits dominés par le frêne noir (*Fraxinus nigra*) le long de la vallée de la rivière Saint-Jean dans les environs de Fredericton en direction du nord. Toutefois, en Nouvelle-Écosse, l'érable rouge prédomine dans les marécages actuels. À travers les terres atlantiques, on trouve des marécages à conifères couverts surtout d'épinettes noires (*Picea mariana*) et associés souvent à des tourbières adjacentes.

On a peu de données concernant la physique et la chimie des marécages des régions de terres humides atlantiques. Aulnes, saules et arbustes associés peuplent le plus souvent les marécages de ruisseau ou de rivage. Les conifères dominent les marécages à bordure tourbeuse alors que l'érable rouge se trouve plus souvent dans les marécages plats ou de bassin. Les sols dominants des marécages atlantiques sont les gleysols souvent en association avec une phase tourbeuse.

Valeurs des terres humides atlantiques

Il est difficile de définir en termes strictement économiques la valeur des terres humides atlantiques du Canada. On a estimé les avantages financiers de certaines utilisations bien connues des terres humides, mais ces terres ont de nombreuses valeurs particulières qui échappent souvent à l'observateur occasionnel. On connaît à peine le rôle ou la fonction des terres humides atlantiques dans leur état naturel et,

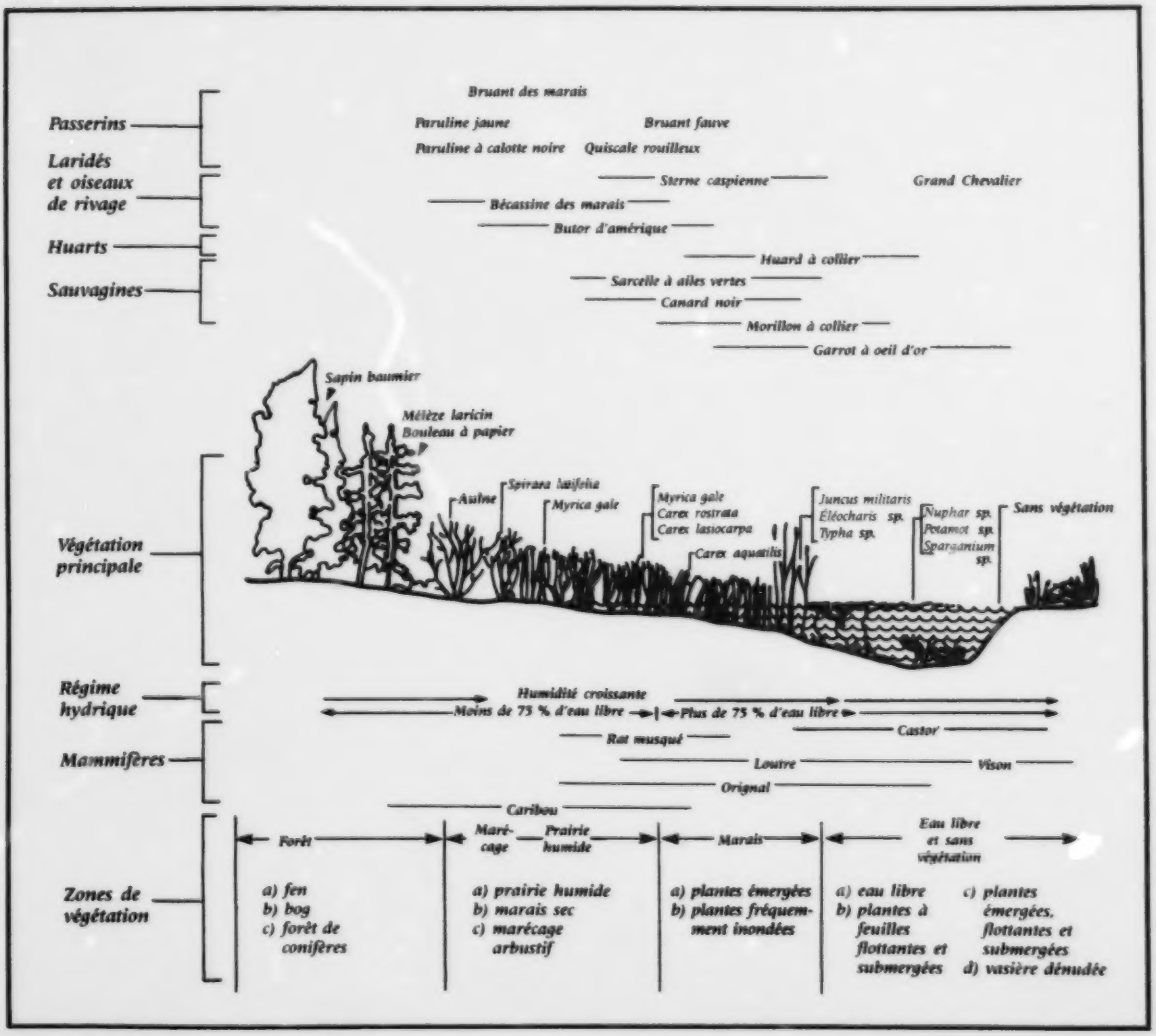


Figure 7–24.
Les principales zones de végétation avec leur flore et leur faune respectives dans un marais de Terre-Neuve.

par conséquent, leurs valeurs inhérentes ont été mal étudiées. Des observations générales ont été faites par quelques auteurs (Wells et Pollett, 1983; Lynch-Stewart, 1983; Keys et Henderson, en préparation), mais il y a très peu d'études détaillées. Cette section du chapitre tente de résumer les données connues sur les valeurs des terres humides atlantiques au Canada. Pour faciliter l'étude on a regroupé les valeurs de la façon suivante : (1) terres humides à l'état naturel; (2) utilisations des terres humides sans extraction; et (3) extraction de la tourbe.

Valeurs des terres humides à l'état naturel

Les terres humides fournissent des habitats à de nombreuses espèces d'animaux, font partie intégrante du cycle global du carbone et offrent de nombreux avantages récréatifs. A l'état naturel, elles influencent l'hydrologie des bassins hydrographiques, surtout dans la retenue de l'eau et la régularisation de son écoulement. On a observé qu'une couche hydrologiquement active près de la surface des tourbières présentait des caractéristiques considérablement différentes de celles des couches de tourbe plus profondes (Barnes, 1984). On pense que, pendant les périodes de fortes précipitations, la quantité d'eau emmagasinée dans la couche active d'un écosystème de tourbière augmente considérablement. Cette eau est libérée graduellement pendant les périodes de faibles précipitations. Il en résulte une régularisation de l'écoulement qui réduit la possibilité d'inondations pendant les périodes de précipitations élevées tout en maintenant l'écoulement pendant les périodes de faibles précipitations (Barnes, 1984). Les terres humides servent également de réservoirs qui permettent à l'eau de retourner à l'atmosphère par le processus de l'évapotranspiration. On connaît peu les relations entre les vastes étendues de terres humides et l'atmosphère; cependant, plusieurs effets climatiques ont été attribués aux terres humides. Par exemple, les terres humides servent de puits thermiques et leur sol et leur air peuvent avoir des températures plus basses que les hautes terres environnantes (Bardecki, 1984).

Les terres humides ont également un rôle à jouer dans le cycle hydrologique où ils servent de filtre naturel. Les sédiments en suspension et les débris transportés mécaniquement sont couramment éliminés du régime d'écoulement par les terres humides (Bardecki, 1984). En plus de ce rôle de filtre physique, les terres humides ont d'importantes caractéristiques de filtre chimique. La matière organique et les acides humiques observés dans les terres humides réussissent à retenir les ions métalliques, les pathogènes et les autres substances toxiques (Sparling, 1966; Kadlec et Kadlec, 1979; Klocking *et al.*, 1976), réduisant ainsi les concentrations de ces substances dans les eaux qui s'écoulent du système de terres humides (de Jong *et al.*, 1977; Hartland-Rowe, 1973; Reim, 1980). Ces propriétés de filtre naturel ont inspiré des études sur les possibilités qu'offrent les terres humides pour le traitement des eaux usées (par exemple, Brooks *et al.*, 1982). Les études ont évalué cette utilisation éventuelle à la fois en fonction des terres humides à l'état naturel et de l'extraction de la tourbe pour l'utiliser dans des systèmes artificiels.

Les terres humides et la tourbe qu'elles contiennent représentent d'immenses accumulations de carbone organique emmagasiné. Étant donné les récentes préoccupations au sujet de la combustion de combustibles fossiles et de "l'effet de serre" qui en résulte à cause de la libération du bioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère, on a été amené à examiner les quantités de carbone emmagasiné dans le cycle du carbone. Boville *et al.* (1983) ont estimé que les tourbières du Canada atlantique renfermaient environ 2 % (2 milliards de tonnes) de la réserve totale du carbone emmagasiné au Canada.

Le dépôt et l'accumulation des matieres organiques dans les terres humides, particulièrement dans les tourbières, fournissent un relevé stratigraphique de nombreux événements climatiques et environnementaux qui se sont produits depuis le retrait des glaciers il y a quelque 10 000 à 15 000 ans. On peut identifier le pollen et les autres matières déposés pendant l'accumulation de la tourbe, elles fournissent des informations sur les communautés végétales qui prévalaient au moment du dépôt de ces matières. Ce relevé stratigraphique peut être situé dans le temps (années ANE) à l'aide du radiocarbone ou de techniques semblables de datation. Ces études ont permis aux scientifiques de dater les découvertes archéologiques comme celles de L'Anse aux Meadows à Terre-Neuve (Mott, 1975) et d'examiner les événements paléoclimatiques et les modifications végétales à divers endroits dans les provinces atlantiques (Auer, 1930; Korpijaakko, 1976; Ogden et Harvey, 1975; Railton, 1973; Scott et Medioli, 1982).

La fréquence d'utilisation des terres humides par la faune dépend dans une certaine mesure de la forme de ces terres humides et des habitats qu'elles fournissent. Par exemple, la faune utilise peu la plupart des bogs, vu leur nombre restreint d'espèces végétales et le peu d'eau libre; par ailleurs les marais et les marécages ont une végétation plus diversifiée et comportent de plus grandes étendues d'eau libre, ce qui favorise une plus grande utilisation. La production et le maintien de la sauvagine et des animaux à fourrure illustrent un atout remarquable des terres humides. Le rat musqué (*Ondatra zibethicus*), le castor (*Castor canadensis*), et la loutre (*Lontra canadensis*) sont couramment associés aux terres humides, ainsi que l'orignal (*Alces alces*) et diverses espèces de poissons. Les oiseaux migrateurs comme le canard noir (*Anas rubripes*), la sarcelle (*Anas* spp.) et la bernache du Canada (*Branta canadensis*) sont les espèces de sauvagine qui utilisent le plus couramment les terres humides. Wells et Pollett (1983) fournissent des informations plus précises sur l'utilisation des tourbières de Terre-Neuve par la faune.

Grand nombre des terres humides atlantiques du Canada ont une importance nationale ou internationale pour la sauvagine, en particulier celles qui sont sur les voies de migration des oiseaux dans les environs de la baie de Fundy et des marais Tantramar. Le Plan nord-américain de la gestion de la sauvagine (Environnement Canada et United States Department of the Interior, 1986) réclame la protection de plus de 4 000 ha de terres humides de la côte est qui servent d'habitats aux canards noirs et signale que la majeure partie des autres habitats terrestres ne sont pas protégés.

Les terres humides font l'objet de nombreuses utilisations récréatives, notamment le piégeage ou la chasse de nombreuses espèces de gibier ou d'animaux à fourrure. Ces derniers représentent environ le tiers de la valeur totale de la capture annuelle d'animaux à fourrure au Canada atlantique. Selon Statistique Canada, de 1977 à 1983, la valeur annuelle moyenne s'élevait à environ 850 000 $, le rat musqué fournissant environ 80 % du nombre de peaux et environ 36 % de la valeur des captures faites dans les terres humides. Dans les provinces atlantiques, de 250 000 à 270 000 canards sont tués normalement chaque saison (Metras, 1984). Il est difficile d'évaluer les avantages économiques de la chasse aux oiseaux migrateurs. Selon des informations du Service canadien de la faune d'Environnement Canada (Metras, 1984) et Canards illimités (McAloney, 1978), on peut estimer que les chasseurs dépensent au bas mot un million de dollars chaque année.

Il est peut-être encore plus difficile de juger de la valeur des autres utilisations récréatives. Les terres humides offrent diverses activités récréatives comme l'excursion à pied, le ski, la moto-neige, l'étude de la nature, la photographie et autres activités de ce genre (figure 7–25). Mentionnons également la cueillette de bleuets, d'atocas et de ronces petits-mûriers. Parfois ces activités ainsi que la production de riz sauvage sont mises sur un pied commercial.

Certaines terres humides atlantiques ont été désignées comme des aires de conservation. Par exemple, le bog Kelly du Parc national Kouchibouguac au Nouveau-Brunswick comprend une tour d'observation et une promenade en planches d'un kilomètre, qui permet aux visiteurs de profiter de l'interprétation d'un bog bombé typique (figure 7–26). La montagne French du parc national des hautes terres du Cap-Breton possède aussi une promenade en planches. Les terres humides d'Heber Meadow dans le Parc national Kejimkujik en Nouvelle-Écosse constituent aussi une aire populaire de randonnée à pied où il est possible de parcourir le sentier d'observation en compagnie d'un guide. Ces sites aident à éduquer le public sur la nature unique des écosystèmes des terres humides.

Il est difficile de juger la valeur des terres humides à l'état naturel. Les systèmes de classification, comme ceux de Larson (1976) et de Reid *et al.* (1980), fondés sur des méthodes utilisées par Golet (1972), attribuent des points selon les diverses caractéristiques et constituent un outil utile dans l'évaluation de l'importance relative de chacune des terres humides. Le Service canadien de la faune (Hudgins, 1983; Nova Scotia Department of Lands and Forests, 1984) a utilisé des classifications de ce type pour produire des atlas des terres humides des Maritimes. Ces classifications ont un avantage certain dans une étude systématique mais elles ont aussi le sérieux inconvénient d'être bidimensionnelles. Ainsi, elles ne tiennent compte ni de la profondeur, ni du type, ni de la qualité de la tourbe sous la surface. Cette troisième dimension—la tourbe—constitue une ressource précieuse dont on reconnaît de plus en plus la valeur. La possibilité d'extraire la tourbe à des fins horticoles ou pour l'utiliser comme combustible a dicté les inventaires de la tourbe et des tourbières (figure 7–27) dressés pour toutes les provinces atlantiques au cours des dernières années (Anderson et Broughm, en préparation; Graham and Associates Ltd., 1974; Keys et Henderson, en préparation; Wells *et al.*, 1983). On possède une bonne connaissance des ressources en tourbe des provinces atlantiques à comparer à ce qu'on en sait pour nombre de secteurs de l'Amérique du Nord, mais il reste beaucoup à apprendre.

Aménagements des terres humides sans extraction

La matière organique accumulée (la tourbe) dans les terres humides est souvent appelée "le sol organique" ou "la terre noire". La teneur élevée en humidité et, dans certains cas, la faible disponibilité des éléments nutritifs empêchent généralement l'utilisation de ces sols à l'état naturel. Il faut d'habitude les drainer pour les cultiver. Ce type d'exploitation agricole est bien connu en Europe et dans d'autres parties du Canada, notamment le marais Holland en Ontario, mais c'est une pratique relativement peu courante au Canada atlantique. On a fait des expériences visant à faire croître divers légumes, choux et plantes fourragères dans des sols tourbeux (Chipman, 1954; Rayment et Penney, 1980). On produit toujours une certaine quantité de légumes dans le bog Caribou à Aylesford en Nouvelle-Écosse où des essais ont eu lieu en 1952.

À Terre-Neuve, plusieurs parcelles de démonstration (au total, environ 400 ha), situées stratégiquement pour la production de plantes fourragères et de légumes, ont été établies à la fin des années 1950 et au début de la décennie suivante. En outre, 800 ha de sol tourbeux ont été livrés au pâturage communautaire (figure 7–28). Certaines de ces terres ont été abandonnées par la suite mais on a essayé de cultiver des légumes récemment à Colinet (Rayment, 1985). Au Nouveau-Brunswick, une coopérative exploite, depuis le milieu des années 1960, un site de 20 ha à Saint-Charles, près de Richibucto. Les carottes constituent le principal produit, mais on a aussi récolté d'autres légumes et des choux (figure 7–29). En plus du drainage, il faut normalement épandre de la chaux et des engrais contenant des éléments-traces pour satisfaire à la demande des plantes en micro-éléments

Figure 7–25.
"Bog Walk", un programme d'interprétation des tourbières du Parc national Terra Nova, Terre-Neuve.

Figure 7–26.
Sentier de bois au bog Kelly, Parc national Kouchibouguac, Nouveau-Brunswick. Des sites comme celui-ci contribuent à l'éducation de public en termes de la nature unique et le rôle des écosystèmes de terres humides.

nutritifs (Mackay *et al.*, 1964, 1966) et pour stabiliser les sols tourbeux (Mathur et Rayment, 1977). A cause du drainage et de la fertilisation, les coûts de production dans les sols organiques sont plus élevés que dans les sols minéraux. Toutefois, l'absence de pierres dans le sol permet d'obtenir un produit de haute qualité qui génère un prix élevé et compense en quelque sorte pour les coûts de production (Chipman et Mackay, 1960).

Selon les informations fournies par les ministères provinciaux de l'agriculture, on produit du riz sauvage sur un site à moitié aménagé de 80 ha, près de Rusagonis au Nouveau-Brunswick, sur un site de 40 ha dans l'Île-du-Prince-Édouard et à plusieurs endroits dans le secteur du marais Tantramar près de la frontière entre le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse. On pratique la production d'atocas sur une petite échelle à plusieurs endroits de la Nouvelle-Écosse (par exemple Barrington, Pubnico et Auburn) et on trouve encore des systèmes de drainage abandonnés. Un marais salé défriché aux environs d'Amherst est également consacré à la culture de tourbe à parterres.

L'endiguement des marais salés a commencé vers la fin des années 1670 quand les Acadiens ont voulu cultiver des plantes fourragères, du lin, des légumes et des céréales pour eux-mêmes et leur bétail. Mais l'expulsion des Acadiens en 1755 a marqué un déclin de l'utilisation des marais salés (MacKinnon et Scott, 1984), quoiqu'ils sont redevenus très précieux pour les récoltes de foin à la fin du 19e siècle. Un hectare de bon marais produisait à peu près 4 500 kg de foin, et il y avait environ 20 000 ha de marais. Dans un monde où le cheval représentait le principal mode de transport, le foin constituait une importante culture commerciale. Une bonne terre endiguée atteignait un prix record de 500 $ l'hectare en 1881. La demande de terres drainées s'est intensifiée jusqu'au moment où les prix du foin ont atteint un maximum vers 1918. À mesure que le tracteur et le camion remplaçaient le cheval, la demande de foin allait en diminuant. Au cours des trois décennies suivantes, les digues et les barrages se sont délabrés et certaines sections sont retournées à l'état de marais salés naturels. En 1950, le prix des terres endiguées avait chuté à 12 $ l'hectare. De nombreux cultivateurs n'élevaient pas de bétail pour consommer le foin; d'autres propriétaires, vivant à l'extérieur de la province, se sont désintéressés de la terre lorsque la valeur marchande de leurs cultures a diminué. Les rares personnes qui désiraient cultiver la terre avaient de la difficulté à entretenir tout le système de digues. En 1948, le gouvernement fédéral adoptait la Loi sur l'utilisation des terrains marécageux des provinces maritimes pour protéger les terres agricoles dans les marais. Les digues ont été réparées et les fossés nettoyés. Toutefois, le coût élevé de l'entretien de ces systèmes place l'exploitation agricole des terrains marécageux dans une position économique précaire et de nombreuses terres sont retournées à l'état de marais naturels.

La colonisation du Canada atlantique s'est faite habituellement le long des cours d'eau et de la côte. Les marais attiraient les premiers colons à cause de leur potentiel pour l'agriculture et de leur valeur comme source de gibier. L'expansion des agglomérations exigeait souvent le drainage et l'endiguement des terres humides ou leur remplissage pour d'autres utilisations. Les marais situés dans les régions agricoles du centre du Nouveau-Brunswick, dans les régions frontalières du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse et dans la partie nord de celle-ci, ont été gravement perturbés, tandis que ceux de l'Île-du-Prince-Édouard, de Terre-Neuve et du Labrador ont été peu touchés par l'agriculture.

L'aménagement hydroélectrique dans le cours supérieur de la rivière Saint-Jean au Nouveau-Brunswick et dans le centre du Labrador a éliminé ou modifié de vastes étendues de terres humides d'eau douce au cours des 20 dernières années. Des projets plus modestes, comme les installations industrielles, l'enfouissement sanitaire et les bassins de stabilisation des eaux usées ont perturbé de nombreux petits marais dans toutes les provinces atlantiques.

Depuis 1965, les gouvernements fédéral et provinciaux ont acquis et protégé environ 10 000 ha de marais d'eau douce dans les provinces maritimes. La gestion de ces sites, généralement appelés Réserves nationales de faune ou Aires provinciales de protection de la nature, se fait surtout en fonction de leur rôle comme habitat de la sauvagine. Le Programme fédéral–provincial de cartographie, de désignation et de protection des terres humides, réalisé dans les provinces maritimes (le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse et l'Île-du-Prince-Édouard) de 1980 à 1986, a inventorié toutes les terres humides de plus de 0.25 ha. Les informations recueillies sont utilisées par les chercheurs et les planificateurs dans toute la région pour assurer que les promotteurs connaissent l'emplacement, la superficie et l'importance des marais visés (Smith *et al.*, 1981). En outre, Habitat faunique Canada, fondation nouvellement formée, a pour mandat d'acquérir et d'améliorer au Canada des habitats fauniques rares, représentatifs et menacés et étudie divers projets de conservation de terres humides du Canada atlantique.

Un autre aménagement courant de terres humides sans extraction de tourbe est l'installation de régulateurs de débit pour améliorer les habitats fauniques. Le programme de Canards illimités a donné lieu à l'aménagement de nombreux sites dans diverses parties du Canada atlantique (McAloney, 1982). On construit souvent des barrages de terre ou de béton pour élever la nappe phréatique des terres humides. Cela augmente la proportion d'eau libre et entraîne souvent l'établissement d'espèces émergentes, une combinaison qui rend l'habitat plus attrayant pour les oiseaux migrateurs qui viennent y nicher et qui favorise l'accroissement de leur population. Par conséquent, il y a plus d'oiseaux pour les chasseurs (figure 7–30).

La foresterie dans les tourbières fait partie intégrante des programmes de gestion forestière dans des pays comme la Finlande, l'Irlande et l'Écosse, mais les projets de drainage et de plantation effectués à titre

Figure 7–27.
Au cours des dernières années, on a procédé à l'inventaire de la tourbe et des tourbières dans toutes les provinces de l'Atlantique.

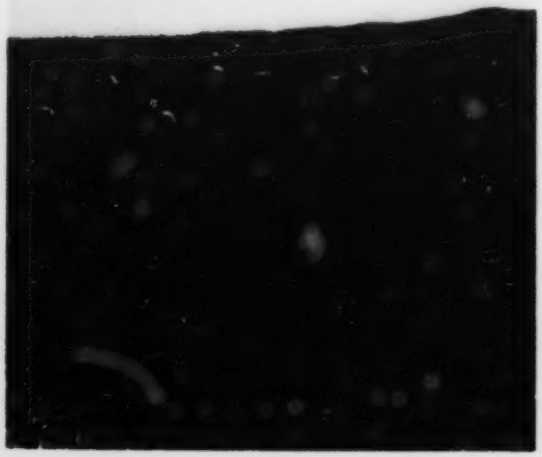


Figure 7–28.
Pâturages communautaires sur les sols tourbeux à Terre-Neuve.

Figure 7–29.
Production de carottes sur un bog bombé à St-Charles, Nouveau-Brunswick.

de recherches dans les provinces atlantiques ont été de petite envergure. Un essai de drainage a été effectué au Nouveau-Brunswick (Wetmore, 1972), mais on prévoit peu de travaux puisque les facteurs économiques préconisent d'accorder la priorité à la gestion de sites plus classiques sur sols minéraux. À Terre-Neuve, les sols tourbeux couvrent une superficie supérieure à ceux des autres provinces atlantiques. Cela explique en partie l'intérêt plus vif de Terre-Neuve pour la foresterie dans les tourbières. De 1966 à 1976, on a mené plusieurs essais en utilisant diverses espèces et différents espacements entre les fossés (figure 7–31), mais on a connu un succès limité (Richardson, 1980; Wells, 1985). En 1983, on a établi des parcelles dans un bog ombrotrophe et un fen incliné pour évaluer les effets du type de site, de l'intensité du drainage, de la préparation de la surface, de la fertilisation et de divers paramètres de sol sur la survie et la croissance des arbres. Le programme a pour objectifs à long terme de déterminer le potentiel de la foresterie dans les tourbières à Terre-Neuve et d'établir des lignes directrices pour les aménagements futurs (Wells, 1985).

Extraction de la tourbe

L'extraction commerciale de la tourbe horticole des bogs existe depuis longtemps dans les Maritimes. Keys et Henderson (en préparation) signalent que cette exploitation commerciale existait dans le sud du Nouveau-Brunwsick avant 1900, alors que la tourbe était vendue aux États-Unis comme litière pour animaux. Certaines exploitations existent au Nouveau-Brunswick depuis le début des années 1940. La principale période d'asséchement et de cueillette s'étend de la mi-juin au début septembre, alors que l'emballage et les envois se poursuivent pendant les mois d'hiver.

Après le Québec, le Nouveau-Brunswick est le plus important producteur de tourbe au Canada et exporte sa production sur les marchés américains, européens et japonais. En 1984, 14 compagnies d'extraction de tourbe ont utilisé 2 600 ha de tourbières au Nouveau-Brunswick. On a produit environ 4 millions de balles équivalentes (170 litres à une compression de 2:1) de tourbe de *Sphagnum* de haute qualité pour une valeur de plus de 12 millions de dollars (Carroll, 1985). Un producteur de la Nouvelle-Écosse expédie 170 000 balles équivalentes chaque année, et les deux exploitations de l'Île-du-Prince-Édouard produisent environ 100 000 balles équivalentes (Statistique Canada, 1985).

Quoique l'ensemble de la récolte est vendue sous forme de balles de tourbe horticole (figure 7–32), plusieurs compagnies produisent aussi des mélanges de sol en ajoutant à la tourbe de la chaux, des engrais ou des matières comme de la vermiculite ou de la perlite. Une compagnie du Nouveau-Brunswick fabrique des pots de tourbe pressée. Il est également possible d'extraire de la tourbe horticole de nombreux autres dépôts de tourbe dans diverses parties des Maritimes.

Pendant des siècles, la tourbe a servi de combustible pour faire la cuisine et chauffer les maisons. Dans des pays comme l'Irlande, la Finlande et l'Union soviétique, de vastes exploitations (jusqu'à 600 mégawatts) sont maintenant utilisées pour produire de la vapeur servant à alimenter des centrales électriques et des systèmes de chauffage urbains. Normalement on utilise à cette fin une tourbe plus dé-

composée que celle extraite à des fins horticoles et la tourbe de combustible est donc plus dense et plus compacte une fois asséchée. Une faible teneur en cendres et en soufre (S) caractérisent notamment cette matière. Jusqu'à présent, l'utilisation de la tourbe comme combustible dans les provinces atlantiques s'est faite seulement sur une base expérimentale. Des chaudières industrielles d'une industrie papetière de Grand Falls à Terre-Neuve, et une serre à Lamèque au Nouveau-Brunswick, ont servies dans des tests de combustion de la tourbe. Un projet de chauffage domiciliaire a eu lieu à St. Shotts à Terre-Neuve et on étudie la possibilité d'un projet expérimental d'utilisation de la tourbe pour le chauffage industriel dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse.

Les provinces atlantiques ont de grandes quantités de tourbe qui pourraient être utilisées comme combustible (Anderson et Broughm, en préparation; Keys et Henderson, en préparation; Wells et Pollett, 1983; Wells et Vardy, 1980). Toutefois, la tourbe doit concurrencer les autres combustibles pour devenir socialement et économiquement acceptable, et la possibilité d'utiliser la tourbe sur une grande échelle comme combustible est actuellement faible.

On a utilisé plusieurs méthodes d'extraction de la tourbe dans les provinces atlantiques. Aux premiers jours de l'industrie, des blocs de tourbe étaient extraits à la main à l'aide de bêches spéciales et mis à sécher en piles. Cette méthode a été remplacée depuis par des machines qui coupent et empilent les blocs de tourbe. Après plusieurs semaines, les blocs sont retournés pour sécher davantage, puis ramassés et transportés à l'usine de mise en sac. Mais avant d'être mis en sac, les blocs sont broyés pour obtenir la granulométrie voulue. La tourbe ainsi produite conserve une forte teneur en fibres et commande un prix élevé sur le marché. Cette méthode dépend peu des conditions météorologiques mais elle exige beaucoup de main-d'oeuvre et le coût à l'unité est élevé. Par conséquent, cette méthode a perdu de sa popularité et seulement trois exploitations l'utilisent dans leurs opérations.

Figure 7–31.
*Un pin lodgepole (*Pinus contorta *Dougl.), 14 ans après la plantation sur un fen à tranchées dans le centre de Terre-Neuve.*

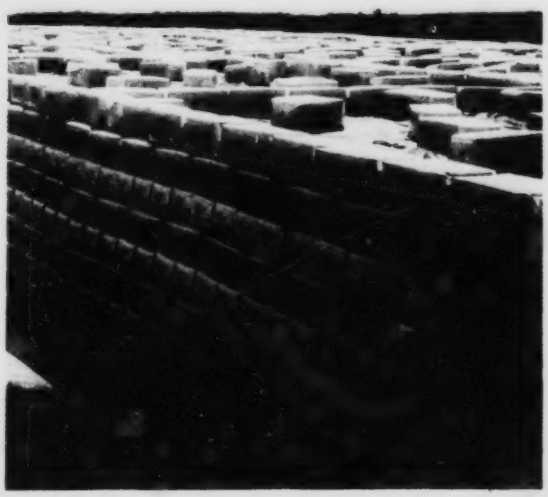


Figure 7–32.
Plus de quatre millions d'équivalents de balle de tourbe de Sphagnum *de haute qualité sont produites annuellement dans les régions atlantiques au Canada. Les exportations aux États-Unis, l'Europe et le Japon constituent une grande part du marché.*

Figure 7–30.
Canards illimités utilise des structures de contrôle de l'eau pour améliorer l'habitat de la sauvagine des plusieurs régions des provinces de l'Atlantique.

Figure 7–33.
Pour supporter la machinerie et pour faciliter le séchage de la couche de surface, on doit creuser des tranchées dans les champs producteurs.

Figure 7–34.
Des récolteuses aspirantes sont communément utilisées pour ammasser la tourbe sèche.

La méthode qui consiste à broyer la tourbe pour la ramasser est actuellement la plus populaire. Il est nécessaire de creuser des fossés et d'enlever la végétation de la surface pour préparer des dépôts convenant à la production (figure 7–33). La surface du champ de production est émottée (broyée) pour permettre au soleil et au vent d'assécher une mince couche de tourbe. Selon les conditions météorologiques, le séchage prend normalement d'un à trois jours. La méthode la plus courante consiste à utiliser une grosse récolteuse qui aspire la tourbe sèche et l'apporte ensuite aux réserves (figure 7–34). On peut aussi faire à l'aide d'une charrue un billon ou un andain avant de récolter la tourbe sèche et de la transporter. Ces méthodes de récolte de la tourbe combustible et horticole sont répandues en Europe. Dans les provinces atlantiques, la plupart des producteurs de tourbe utilisent la méthode par aspiration. Un seul producteur du Nouveau-Brunswick utilise la méthode des billons.

La méthode des mottes, utilisée exclusivement pour la récolte de la tourbe combustible, consiste à extraire et à macérer la tourbe par de l'équipement spécialement conçu à cet effet et à empiler les mottes dans le champ de tourbe pour le séchage et la récolte ultérieure. Cette méthode, qui dépend moins des conditions météorologiques que celles où la tourbe est broyée, a été utilisée dans le projet de démonstration à St. Shotts à Terre-Neuve.

En plus d'être utilisée pour l'horticulture et comme combustible, la tourbe peut servir à produire de nombreuses autres substances. Par exemple, des études menées dans les provinces atlantiques ont montré que la tourbe pouvait être utilisée dans des produits du carbone, notamment : le charbon à coke, le noir de carbone, les filtres de carbone et le carbone activé (Marsan and Associates Ltd., 1980). Il y a suffisamment de tourbe dans les provinces atlantiques pour des fins industrielles. Toutefois les applications pratiques de cette ressource sont régies par le fait qu'elle n'est pas renouvelable et doit être utilisée prudemment. Il faut gérer de manière rationnelle cette ressource, généralement peu connue, pour que la société et l'économie en bénéficient le plus possible à longue échéance.

Remerciements

Nous tenons à remercier P. Grondin, J. Pojar, C. Rubec, C. Tarnocai et S. Zoltai, qui ont apporté leurs commentaires et suggestions au moment de la révision de ce texte. P. Grondin a également fourni les documents sur les marais côtiers de la Côte-Nord au Québec. Canards illimités (Canada) a gracieusement fourni la figure 7–30. Nous remercions aussi S. Morgan, du Service canadien des forêts, qui a revisé le texte à plusieurs reprises.

Bibliographie

ANDERSON, A.R., ET W. BROUGHM (en préparation). The peat resources of Nova Scotia. Nova Scotia Department of Mines and Energy. Halifax, Nouvelle-Écosse.

AUER, V. 1930. Peat bogs in southeastern Canada. Ministère des Mines du Canada. Commission géologique du Canada. Mémoire 162. Ottawa, Ontario. 32 p.

BARDECKI, M.J. 1984. What value are wetlands? Journal of Soil and Water Conservation, Mai-juin 1984. 166 p.

BARNES, J.L. 1984. The hydrology and water resources of peatlands in Canada and the role of the inquiry on federal water policy. Peat News 6(3):1–18.

BEAUMONT, J.P., ET M. CHAMBERLAND. 1976. Les Îles-de-la-Madeleine : contribution à l'étude des groupements végétaux. Programme de recherche intégrée, Direction des études biophysiques, Bureau de la planification et du développement du Québec. Québec, Québec. 109 p.

BELLAMY, D.J. 1972. Templates of peat formation. *Dans* Compte rendu, 4th International Peat Congress. Volume 1. Helsinki, Finlande. p. 7–18.

BOVILLE, R.W., R.E. HUNN, ET F.K. HARE. 1983. The storage of non-living organic carbon in boreal and arctic zones of Canada. Institute for Environmental Studies, Université de Toronto, Toronto, Ontario et United States Department of Energy, Washington, DC.

BROOKES, I.A., D.B. SCOTT, ET J.H. MCANDREWS. 1985. Postglacial relative sea-level change, Port au Port area, west Newfoundland. Journal canadien des sciences de la terre 22:1039–1047.

BROOKS, J.L., C.A. ROCK, R.A. STRUCHTEMEYER, ET F.E. WOODWARD. 1982. The use of *Sphagnum* peat for treatment of septic tank effluent. *Dans* Compte rendu, Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 442–461.

BROOM, S.W., W.W. WOODHOUSE, JR., ET E.D. SENECA. 1975. The relationships of mineral nutrients to growth of *Spartina alterniflora* in North Carolina. II. The effects of N, P, and Fe fertilizers. Proceedings, Soil Science Society of America 39:301–307.

BURNS, R.C., ET R.W.F. HARDY. 1975. Nitrogen fixation in bacteria and higher plants. Springer-Verlag Publishing Inc. Berlin, Allemagne.

BUTEAU, P. 1984. Tourbières de la région de Havre-Saint-Pierre. Ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Rapport nº ET 83-01. Québec, Québec. 47 p.

CAMERON, C.C. 1970. Peat deposits of northeastern Pennsylvania. United States Geological Survey. Washington, DC. Bulletin nº 1317.

CARPENTER, E.J., C. VAN RAALTE, ET I. VALIELA. 1978. Nitrogen fixation in a Massachusetts salt marsh. Limnological Oceanography 23:318–327.

CARROLL, B.M.W. 1985. New Brunswick mineral industry 1984. Division des ressources minières, ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Bulletin d'information nº 85-2. Frédéricton, Nouveau-Brunswick. p. 98–107.

CHAPMAN, V.J. 1937. A note on the salt marshes of Nova Scotia. Rhodora 39:53–57.

CHAPMAN, V.J. 1960. Salt marshes and salt deserts of the world. Hill. Londres, Royaume-Uni. 392 p.

CHAPMAN, V.J. 1974. Salt marshes and salt deserts of the world. Von J. Cramer Publishing Company. Lehre, Allemagne. 2e édition. 392 p.

CHIPMAN, E.W. 1954. Preliminary studies on the muck soils of Nova Scotia for vegetable production. Nova Scotia Department of Agriculture and Marketing. Inédit.

CHIPMAN, E.W., ET D.C. MACKAY. 1960. Vegetable production on Nova Scotia peat bogs. Ministère de l'Agriculture du Canada. Kentville, Nouvelle-Écosse. Inédit.

COMITÉ CANADIEN DE PÉDOLOGIE. 1978. Le système canadien de classification des sols. Direction générale de la recherche, ministère de l'Agriculture du Canada. Publication nº 1646. Ottawa, Ontario. 164 p.

DAMMAN, A.W.H. 1979. Geographic patterns in peatland development in eastern North America. *Dans* Compte rendu, Symposium on Peat and Peatlands. Du 17 au 21 septembre 1979. Hyytiala, Finlande. p. 42–57.

DAVIS, A.M. 1984. Ombrotrophic peatlands in Newfoundland, Canada: their origins, development, and trans-Atlantic affinities. Chemical Geology 44:287–309.

DE JONG, J., T. KOK, ET A.H. KORIDON. 1977. The purification of sewage with the aid of ponds containing bulrushes or reeds in the Netherlands. Rijksdienst voor e Ijsselmeerpolders Rapp. 19 p.

DIBBLEE, R. (communication personnelle). 1986. Fish and Wildlife Division, Prince Edward Island Department of Community and Cultural Affairs. Charlottetown, Île-du-Prince-Édouard.

DUMONT, M., ET L. GAUTHIER. 1982. Étude phyto-écologique des platières de la rivière Galiotte, île d'Anticosti, Québec. Mémoire de fin d'études. Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval, Québec, Québec. 84 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1986. Milieux humides le long du fleuve Saint-Laurent. Direction générale des terres. Série de documents de travail nº 45. Ottawa, Ontario. 29 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, ET UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. 1986. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine : Stratégie de collaboration. Service canadien de la faune et United States Fish and Wildlife Service. Ottawa, Ontario, et Washington, DC. 19 p.

GANONG, W.F. 1903. The vegetation of the Bay of Fundy salt and dyked marshes: an ecological study. Botanical Gazette 36(3):161–186.

GAUTHIER, R. 1981. La végétation et la flore de quelques tourbières de l'Anticosti-Minganie. Direction de l'Environnement, Hydro-Québec. Montréal, Québec. 104 p.

GERARDIN, V., P. GRONDIN, ET M. LEBEL. 1984. L'inventaire du capital-nature de la Moyenne-et-basse-Côte-Nord. Ministère de l'Environnement du Québec. Série de l'inventaire du capital-nature nº 4. 156 p. et annexes.

GLOOSCHENKO, W.A. 1979. Coastal salt marshes in Canada. *Dans* Compte rendu d'un atelier sur les terres humides du Canada. C.D.A. Rubec et F.C. Pollett, directeurs de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire nº 12. Ottawa, Ontario. p. 69–76.

GOLET, F.C. 1972. Classification and evaluation of freshwater wetlands as wildlife habitats in the glaciated northeast. Thèse de doctorat, University of Massachusetts, Amherst, Massachusetts. 179 p.

GRAHAM, R.B. AND ASSOCIATES LTD. 1974. Peat moss resources and some associated trace elements, Prince Edward Island. Department of Industry and Commerce. Charlottetown, Île-du-Prince-Édouard. 164 p.

GRANDTNER, M.M. 1966a. Premières observations phytopédologiques sur la végétation des prés salés des Îles-de-la-Madeleine. Le Naturaliste canadien 93:361–366.

GRANDTNER, M.M. 1966b. Observations sur la végétation des marais des Îles-de-la-Madeleine. Le Naturaliste canadien 93:771–777.

GRONDIN, P. 1982. Brève description biophysique et évaluation de la réserve écologique potentielle du lac Salé, Île d'Anticosti. Direction des réserves écologiques et des sites naturels, Ministère de l'Environnement du Québec. Québec, Québec. 39 p.

GRONDIN, P., J.-L. BLOUIN, ET D. BOUCHARD. 1980. Étude phyto-écologique de l'archipel de Mingan. Le Groupe Dryade, ltée. pour l'Office de planification et de développement du Québec. Québec, Québec. 3 vol. et cartes.

GRONDIN, P., R. CHIASSON, ET R. THÉRIAULT. 1986. La végétation de l'archipel de Mingan. Le Groupe Dryade, ltée pour Parcs Canada, Environnement Canada. Sainte-Foy, Québec.

GRONDIN, P., L. COUILLARD, D. BOUCHARD, ET R. THÉRIAULT. 1983. Brève description et cartographie de la végétation de l'archipel de Mingan. Direction des réserves écologiques et des sites naturels, Ministère de l'Environnement du Québec. Québec, Québec. 97 p. et annexes.

GRONDIN, P., ET M. MELANÇON. 1980a. La végétation du marais salé de l'Île à Samuel, archipel de Mingan, Québec. Phytocoenologia 7: 336–355.

GRONDIN, P., ET M. MELANÇON. 1980b. Étude phyto-écologique de la Grosse Île au Marteau et de l'Île à Samuel, archipel de Mingan, Québec. Laboratoire d'écologie forestière, Université Laval, Québec, Québec. 227 p.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1979. Canada, les terres humides. Dossier cartographique. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire nº 14. Ottawa, Ontario.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. Canada–les terres humides. Cartes des régions des terres humides et de leur distribution au Canada. Dossier cartographique. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

GUIMOND, A., R. CHIASSON, ET P. GRONDIN. 1983. Cartographie du couvert végétal de la Moyenne-et-Basse-Côte-Nord par interprétation d'images de satellites accentuées. Hydro-Québec. Montréal, Québec. 2 volumes.

HAINES, E.B. 1979. Interactions between Georgia salt marshes and coastal waters: a changing paradigm. *Dans* Ecological processes in coastal and marine systems. R.J. Livingston, directeur de publication. Plenum Press. New York, New York. p. 35–46.

HARRISON, E.Z., ET A.L. BLOOM. 1977. Sedimentation rates on tidal salt marshes in Connecticut. Journal of Sedimentary Petrology 47(4):1484–1490.

HARTLAND-ROWE, R. 1973. Use of swampland as a natural sink for receipt of sewage effluent. Comité écologique et social, Pipelines du Nord. Groupe d'étude de la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 73-15. Ottawa, Ontario. 52 p.

HATCHER, A.I., D.G. PATRIQUIN, Y.F. FERN, A.J. HANSON, ET J. READE. 1981. Salt marshes in Nova Scotia. Institute of Resource and Environmental Studies, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. 70 p.

HIRVONEN, H.E. 1984. Atlantic region: an ecological perspective. Direction générale des terres, Environnement Canada. Dartmouth, Nouvelle-Écosse. 28 p.

HUDGINS, E.J. 1983. Workbook for the initiation of the New Brunswick freshwater inventory. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sackville, Nouveau-Brunswick. Inédit. 84 p.

KADLEC, R.H., ET J.A. KADLEC. 1979. Wetlands and water quality. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. P.E. Greeson, J.R. Clark et J.E. Clark, directeurs de publication. American Water Resources Association. Minneapolis, Minnesota. p. 436–456.

KEREKES, J. (communication personnelle). 1986. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Halifax, Nouvelle-Écosse.

KEYS, D., ET R.E. HENDERSON (en préparation). An investigation of the peatlands of New Brunswick. Division des ressources minières, ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Open File Report 83-10. Frédéricton, Nouveau-Brunswick. 269 p.

KLOCKING R., K.D. THEIEL, ET M. SPROSSIG. 1976. Antiviral activity of humic acid from peat water. *Dans* Compte rendu, 5e International Peat Congress. Varsovie, Pologne. p. 446–455.

KORPIJAAKKO, M.L. 1976. On the origin and geobotanical development of muskeg in New Brunswick. Thèse de doctorat, Université du Nouveau-Brunswick, Frédéricton, Nouveau-Brunswick. 154 p.

LAMB, H.F. 1980. Late quaternary vegetational history of southeastern Labrador. Arctic and Alpine Research 12:117–135.

LARSON, J.S. 1976. Models for assessment of freshwater wetlands. University of Massachusetts. Publication nº 32. Boston, Massachusetts. 91 p.

LOPOUKHINE, N., N.A. PROUT, ET H.E. HIRVONEN. 1977. Ecological land classification of Labrador. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire nº 4. Halifax, Nouvelle-Écosse. 85 p. et carte.

LYNCH-STEWART, P. 1983. Changement d'utilisation des terres dans les milieux humides au sud du Canada : aperçu et bibliographie. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 26. Ottawa, Ontario. 126 p.

MACDOUGALL, J.I., C. VEER, ET F. WILSON (sous presse). Soils of Prince Edward Island. Rapport de pédologie. Agriculture Canada. Institut de recherche sur les terres, rapport nº 141. Ottawa, Ontario.

MACKAY, D.C., E.W. CHIPMAN, ET U.C. GUPTA. 1966. Copper and molybdenum nutrition of crops grown on acid *Sphagnum* peat soils. Proceedings, Soil Science Society of America 30(6):755–759.

MACKAY, D.C., E.W. CHIPMAN, ET W.M. LANGILLE. 1964. Crop response to some micronutrients and sodium on *Sphagnum* peat soils. Proceedings, Soil Science Society of America 28(1):101–104.

MACKINNON, K., ET D.B. SCOTT. 1984. An evaluation of salt marshes in Atlantic Canada. Centre for Marine Geology, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse, et Direction générale des terres, Environnement Canada. Rapport technique nº 1. Dartmouth, Nouvelle-Écosse. 42 p.

MACPHERSON, J.B. 1981. The development of the vegetation of Newfoundland and climatic change during the Holocene. *Dans* The natural environment of Newfoundland, past and present. A.G. MacPherson et J.B. MacPherson, directeurs de publication. Faculté de Géographie, Université Memorial, St. John's, Terre-Neuve. p. 189–217.

MACPHERSON, J.B. 1982. Post-glacial vegetational history of the eastern Avalon Peninsula, Newfoundland, and Holocene climatic change along the eastern Canadian seaboard. Géographie physique et Quaternaire 36(1-2):175–196.

MARCOTTE, F. 1982. Étude phyto-écologique et proposition d'aménagement de la Petite Île au Marteau, archipel de Mingan. Faculté de foresterie et de géodésie, Université Laval, Québec, Québec. 240 p.

MARSAN AND ASSOCIATES LTD. 1980. Industrial uses of peat in northeast New Brunswick. Rapport du ministère du Commerce et de la Technologie, Frédéricton, Nouveau-Brunswick.

MATHUR, S.P., ET A.F. RAYMENT. 1977. Influence of trace elements fertilization on the decomposition rate and phosphate activity of a Mesic Fibrisol. Journal canadien des sciences de la terre 57: 397–408.

MCALONEY, R.K. 1978. Values of a managed Nova Scotia wetland. Canards illimités (Canada). Amherst, Nouvelle-Écosse. Inédit.

MCALONEY, R.K. 1982. Wetland habitat program of Ducks Unlimited in New Brunswick. *Dans* Compe rendu, Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Canadian National Committee, International Peat Society. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 192–197.

METRAS, L. 1984. Les oiseaux migrateurs abattus au Canada pendant la saison de chasse de 1982. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Cahiers de biologie nº 143. Ottawa, Ontario. 39 p.

MOORE, P.D., ET D.J. BELLAMY. 1974. Peatlands. Springer-Verlag Inc. New York, New York. 221 p.

MORANTZ, D.L. 1976. Production and export from the John Lusby Marsh, Amherst, Nova Scotia. Thèse de maîtrise, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. 77 p.

MOTT, R.J. 1975. Palynological studies of peat monoliths from L'Anse aux Meadows Norse site, Newfoundland. Commission géologique du Canada. Document 75-1, Partie A. Ottawa, Ontario. p. 451–453.

NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1978. Peatland inventory of northeastern Newfoundland. Préparé pour le Newfoundland Department of Forest Research and Lands. 2 volumes (texte et tableaux). St. John's, Terre-Neuve. 724 p.

NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1979. Peatland inventory of western Newfoundland. Préparé pour le Newfoundland Department of Forest Research and Lands. 2 volumes (texte et tableaux). St. John's, Terre-Neuve. 339 p.

NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1980. Peatland inventory of eastern Newfoundland. Préparé pour le Newfoundland Department of Forest Research and Lands. 2 volumes (texte et tableaux). St. John's, Terre-Neuve. 703 p.

NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1981. Peatland inventory of northern Newfoundland. Préparé pour le Newfoundland Department of Forest Research and Lands. 2 volumes (texte et tableaux). St. John's, Terre-Neuve. 409 p.

NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1982. Peatland inventory of south-central Newfoundland. Préparé pour le Newfoundland Department of Forest Research and Lands. 2 volumes (texte et tableaux). St. John's, Terre-Neuve. 641 p.

NORTHLAND ASSOCIATES LTD. 1984. Updating of existing peatland inventories and completion of peatland inventory in south-central Newfoundland. Préparé pour le Newfoundland Department of Forest Research and Lands. St. John's, Terre-Neuve. 37 p.

NOVA SCOTIA DEPARTMENT OF LANDS AND FORESTS. 1984. Important freshwater wetlands and coastal wildlife habitats of Nova Scotia. Staff Report. Wildlife Division, Department of Lands and Forests. Halifax, Nouvelle-Écosse.

OGDEN, J.G., ET M.J. HARVEY, DIRECTEURS DE PUBLICATION. 1975. Environmental change in the Maritimes. Nova Scotia Institute of Science. Halifax, Nouvelle-Écosse. 109 p.

OSTROFSKY, M.L., ET H.C. DUTHIE. 1975. Primary productivity, phytoplankton and limiting nutrient factors in Labrador lakes. Hydrobiology 60:145–158.

PATRIQUIN, D.G., ET C. KEDDY. 1978. Nitrogenase activity (acetylene reduction) in a Nova Scotian salt marsh: its association with angiosperms and the influence of some edaphic factors. Aquatic Botany 4:227–244.

PATRIQUIN, D.G., ET C.R. MCCLUNG. 1978. Nitrogen accretion and the nature and possible significance of nitrogen fixation (acetylene reduction) in a Nova Scotian *Spartina alterniflora* stand. Marine Biology 47:227–242.

PEARCE, P.A., ET A.D. SMITH. 1974. The potential influence on waterfowl of port and power tidal development in the Bay of Fundy. *Dans* Études sur les oiseaux aquatiques dans l'est du Canada, 1969–1973. H. Boyd, directeur de publication. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports nº 29. Ottawa, Ontario. p. 91–100.

PHLEGER, F.B. 1971. Effect of salinity on growth of a salt marsh grass. Ecology 52:908–911.

PHLEGER, F.B., ET J.S. BRADSHAW. 1966. Sedimentary environments in a marine marsh. Science 154:1551–1553.

POLLETT, F.C. 1972a. Classification of peatlands in Newfoundland. *Dans* Compte rendu, 4e International Peat Congress. Volume 1. Helsinki, Finlande. p. 101–110.

POLLETT, F.C. 1972b. Nutrient contents of peat soils in Newfoundland. *Dans* Compte rendu, 4e International Peat Congress. Volume 3. Helsinki, Finlande, p. 461–468.

POLLETT, F.C., ET P.B. BRIDGEWATER. 1973. Phytosociology of peatlands in central Newfoundland. Journal canadien de la recherche des forêts 3:433–442.

POLLETT, F.C., ET E.D. WELLS. 1980. Peatlands of Newfoundland: an overview. *Dans* The diversity of peat. Compte rendu, Peatland Symposium. F.C. Pollett, A.F. Rayment et A. Robertson, directeurs de publication. Newfoundland and Labrador Peat Association. St. John's, Terre-Neuve. p. 39–50.

RAILTON, J.B. 1973. Vegetational and climatic history of southwestern Nova Scotia in relation to a South Mountain ice cap. Thèse de doctorat, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse.

RAYMENT, A.F. 1985. A new technique for vegetable–forage crop rotation on peat soils in Newfoundland. Peat News 7(2):1–6.

RAYMENT, A.F., ET B.G. PENNEY. 1980. The agricultural potential of Newfoundland peat soils. *Dans* The diversity of peat. Compte rendu, Peatland Symposium. F.C. Pollett, A.F. Rayment et A. Robertson, directeurs de publication. Newfoundland and Labrador Peat Association. St. John's, Terre-Neuve.

REID, R.A., N. PATTERSON, L. ARMOUR, ET A. CHAMPAGNE. 1980. A wetlands evaluation model for southern Ontario. Fédération des naturalistes de l'Ontario. Don Mills, Ontario. 140 p.

REIM, J. 1980. Sewage treatment in a *Sphagnum* peat bog. Great Lakes Focus on Water Quality 6(3):6–9.

REIMOLD, R.J. 1977. The mangals and salt marshes of eastern United States. Dans Wet coastal ecosystems. V.J. Chapman, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 157–166.

RICHARDSON, J. 1980. The forestry potential of Newfoundland peatlands. *Dans* The diversity of peat. Compte rendu, Peatland Symposium. F.C. Pollett, A.F. Rayment et A. Robertson, directeurs de publication. Newfoundland and Labrador Peat Association. St. John's, Terre-Neuve. p. 59–61.

ROBERTS, B.A., ET A.W. ROBERTSON. 1986. Salt marshes of Atlantic Canada: their ecology and distribution. Journal canadien de botanique 64(2):445–467.

ROLAND, A.E., ET E.C. SMITH. 1969. The flora of Nova Scotia. Musée de la Nouvelle-Écosse. Halifax, Nouvelle-Écosse. 746 p.

ROWE, J.S. 1972. Les régions forestières du Canada. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Publication nº 1300. Ottawa, Ontario. 172 p.

SCOTT, D.B. 1977. Physiographic and oceanic characteristics of Chezzetcook Inlet, Nova Scotia. Maritime Sediments 13(3):73–78.

SCOTT, D.B. 1980. Morphological changes in an estuary: a historical and stratigraphical comparison. *Dans* The coastline of Canada. S.B. McCann, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Document 80-10. Ottawa, Ontario. p. 199–205.

SCOTT, D.B., ET D.A. GREENBERG. 1983. Relative sea-level rise and tidal development in the Fundy tidal system. Journal canadien des sciences de la terre 20(10):1554–1564.

SCOTT, D.B., ET F.S. MEDIOLI. 1978. Studies of relative sea-level changes in the Maritimes. Rapport provisoire à Énergie, Mines et Ressources Canada, entente de recherche nº 2239-4-31/78. Centre for Marine Geology, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. 79 p.

SCOTT, D.B., ET F.S. MEDIOLI. 1980a. Quantitative studies of marsh foraminiferal distributions in Nova Scotia: implications for sea level studies. Cushman Foundation for Foraminiferal Research. Special Publication nº 17. Washington, DC. 58 p.

SCOTT, D.B., ET F.S. MEDIOLI. 1980b. Living versus total foraminiferal populations: their relative usefulness in paleoecology. Journal of Palaeontology 54(4):814–831.

SCOTT, D.B., ET F.S. MEDIOLI. 1982. Micropaleontological documentation for early Holocene fall of relative sea level on the Atlantic coast of Nova Scotia. Geology 10:278–281.

SCOTT, D.B., M.A. WILLIAMSON, ET T.E. DUFFETT. 1981. Marsh foraminifera of Prince Edward Island: their recent distribution and application for former sea level studies. Maritime Sediments and Atlantic Geology 17:98–129.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. 1982a. Normales climatiques au Canada, 1951–1980. Vol. 4: degré-jours; vol. 6: gel; vol. 9: température du sol, évapotranspiration à la surface des lacs, jours des... Environnement Canada. Downsview, Ontario.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. 1982b. Normales climatiques au Canada, 1951–1980. Température et précipitations: provinces maritimes. Environnement Canada. Downsview, Ontario. 136 p.

SHANMUGAN, K.T., ET C. MORAND. 1974. Amino acids as repressors of nitrogenase biosynthesis in *Klebsiella pneumoniae*. Biochimica Biophysica Acta 437:322–332.

SIMARD, A. 1976. Tourbières du canton de Manicouagan. Service des gîtes minéraux. Ministère des Richesses naturelles du Québec. Rapport nº ES-17. Québec, Québec. 211 p.

SJÖRS, H. 1976. Successional trends in boreal peatlands. *Dans* Compte rendu, 5e International Peat Congress. Varsovie, Pologne. p. 22–28.

SMITH, A.D., E.J. HUDGINS, ET M. SPENCE. 1981. Wetlands inventory and evaluation in the Maritimes. Proceedings, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. Fédération des naturalistes de l'Ontario. Du 18 au 19 septembre 1981. Toronto, Ontario. p. 116–119.

SMITH, A.D., D.B. SCOTT, ET F.S. MEDIOLI. 1984. Marsh foraminifera in the Bay of Fundy: modern distribution and application to sea-level determination. Maritime Sediments and Atlantic Geology 20:127–142.

SMITH, D.L., J. MCLACHLAN, ET D.G. PATRIQUIN. 1979. Nitrogen fixation as determined by acetylene reduction in two salt marshes of Minas Basin. Proceedings, Nova Scotia Institute of Science 29:381–392.

SPARLING, J.H. 1966. Studies on the relationship between water movement and water chemistry in mires. Journal canadien de botanique 44:548–549.

STATISTIQUE CANADA. 1985. Domestic exports by province. Recueil de données nº 65004. Inédit.

TANSLEY, A.G. 1953. The British Isles and their vegetation. 2 volumes. Cambridge University Press. Cambridge, Royaume-Uni. 930 p.

TARNOCAI, C. 1980. Canadian wetland registry. *Dans* Compte rendu d'un atelier sur les terres humides du Canada. C.D.A. Rubec et F.C. Pollett, directeurs de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire nº 12. Ottawa, Ontario. p. 9–39.

TARNOCAI, C. 1984. Peat resources of Canada. Conseil national de recherches du Canada. Publication nº 24140. Ottawa, Ontario. 17 p.

TAYLOR, J.A. et R.T. SMITH. 1972. Climatic peat–a misnomer? *Dans* Compte rendu, 4e International Peat Congress. Volume 1. Helsinki, Finlande. p. 471–484.

TEAL, J., ET M. TEAL. 1969. Life and death of the salt marsh. Little, Brown Publishers. Boston, Massachusetts. 278 p.

TERASMAE, J. 1963. Three C-14 dated pollen diagrams from Newfoundland, Canada. Advances in Frontiers of Plant Science (New Delhi) 6:149–162.

THANNHEISER, D. 1984. The coastal vegetation of eastern Canada. Université Memorial de Terre-Neuve. Occasional Papers in Biology nº 8. St. John's, Terre-Neuve. 212 p.

UGOLINI, F.C., ET D.H. MANN. 1979. Biopedological origin of peatlands in southeast Alaska. Nature 281:366–368.

VALIELA, I., ET J.M. TEAL. 1974. Nutrient limitation in salt marsh vegetation. *Dans* Ecology of halophytes. E.J. Reimold et W.H. Queen, directeurs de publication. Academic Press. New York, New York. p. 547–563.

WALKER, D. 1970. Direction and rate in some British post-glacial hydroseres. *Dans* Studies in the vegetational history of the British Isles. D. Walker et R.G. West, directeurs de publication. Cambridge Publishers. Cambridge, Royaume-Uni. 117 p.

WELLER, M.W. 1981. Freshwater marshes: ecology and wildlife management. University of Minnesota Press. Minneapolis, Minnesota. 146 p.

WELLS, E.D. 1981. Peatlands of eastern Newfoundland: distribution, morphology, vegetation, and nutrient status. Journal canadien de botanique 59(11):1978–1997.

WELLS, E.D. 1985. État de la sylviculture des tourbières à Terre-Neuve. *Dans* Compte rendu, Colloque sur le drainage forestier. Du 10 au 11 septembre 1985. Ste-Foy, Québec. p. 85–111.

WELLS, E.D. (en préparation). Morphology and phytosociology of peatlands in Atlantic Canada. Service canadien des forêts, St. John's, Terre-Neuve.

WELLS, E.D., ET F.C. POLLETT. 1983. Peatlands. *Dans* Biogeography and ecology of the Island of Newfoundland. G.R. South, directeur de publication. Dr. W. Junk Publishers. La Haye, Pays-Bas. p. 207–266.

WELLS, E.D., ET R.B. VARDY. 1980. Peat resources of Newfoundland with emphasis on its use for fuel. *Dans* Compte rendu, Symposium on Peat as an Energy Alternative. Institute of Gas Technology. Du 1er au 3 décembre 1980. Arlington, Virginie. p. 679–698.

WELLS, E.D. F.C. POLLETT, ET E.R. DAWE. 1983. Peatland inventories for Newfoundland: methodology and application. *Dans* Compte rendu, Peatland Inventory Methodology Workshop. S.M. Morgan et F.C. Pollett, directeurs de publication. Institut de recherche sur les terres, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario et Service canadien des forêts, Environnement Canada, St. John's, Terre-Neuve. p. 25–34.

WETMORE, M.P. 1972. *Swamp drainage in New* Brunswick. Direction de la foresterie, ministère des Ressources naturelles du Nouveau-Brunswick. Rapport nº TR-2. Frédéricton, Nouveau-Brunswick. 6 p.

ZOLTAI, S.C. 1972. Palsas and peat plateaus in central Manitoba and Saskatchewan. Journal canadien de la recherche des forêts 2(3):291–302.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1971. Properties of a wooded palsa in northern Manitoba. Arctic and Alpine Research 3(2):115–129.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1975. Perennially frozen peatlands in the western Arctic and Subarctic of Canada. Journal canadien des sciences de la terre 12(1):28–43.

8 Terres humides pacifiques du Canada

A. Banner
R.J. Hebda
E.T. Oswald
J. Pojar
R. Trowbridge

Terres humides pacifiques du Canada

Au Canada, la région de terres humides de la côte du Pacifique comprend les pentes inférieures des chaînes de montagnes côtières et insulaires, les basses terres côtières, les fjords et les estuaires, ainsi que les îles adjacentes (figure 8–1). Cette région touche l'enclave de l'Alaska au nord et l'angle nord-ouest de l'état du Washington au sud. Les montagnes côtières forment la limite est alors que les montagnes insulaires se trouvent sur l'île de Vancouver et sur les îles de la Reine-Charlotte (Holland, 1976). Ces montagnes font partie de la région de terres humides du complexe montagneux dont il n'est pas précisément question ici. Les marais côtiers et les estuaires à marée, bien que faisant partie intégrante des terres humides de la côte du Pacifique, sont traités au chapitre 9.

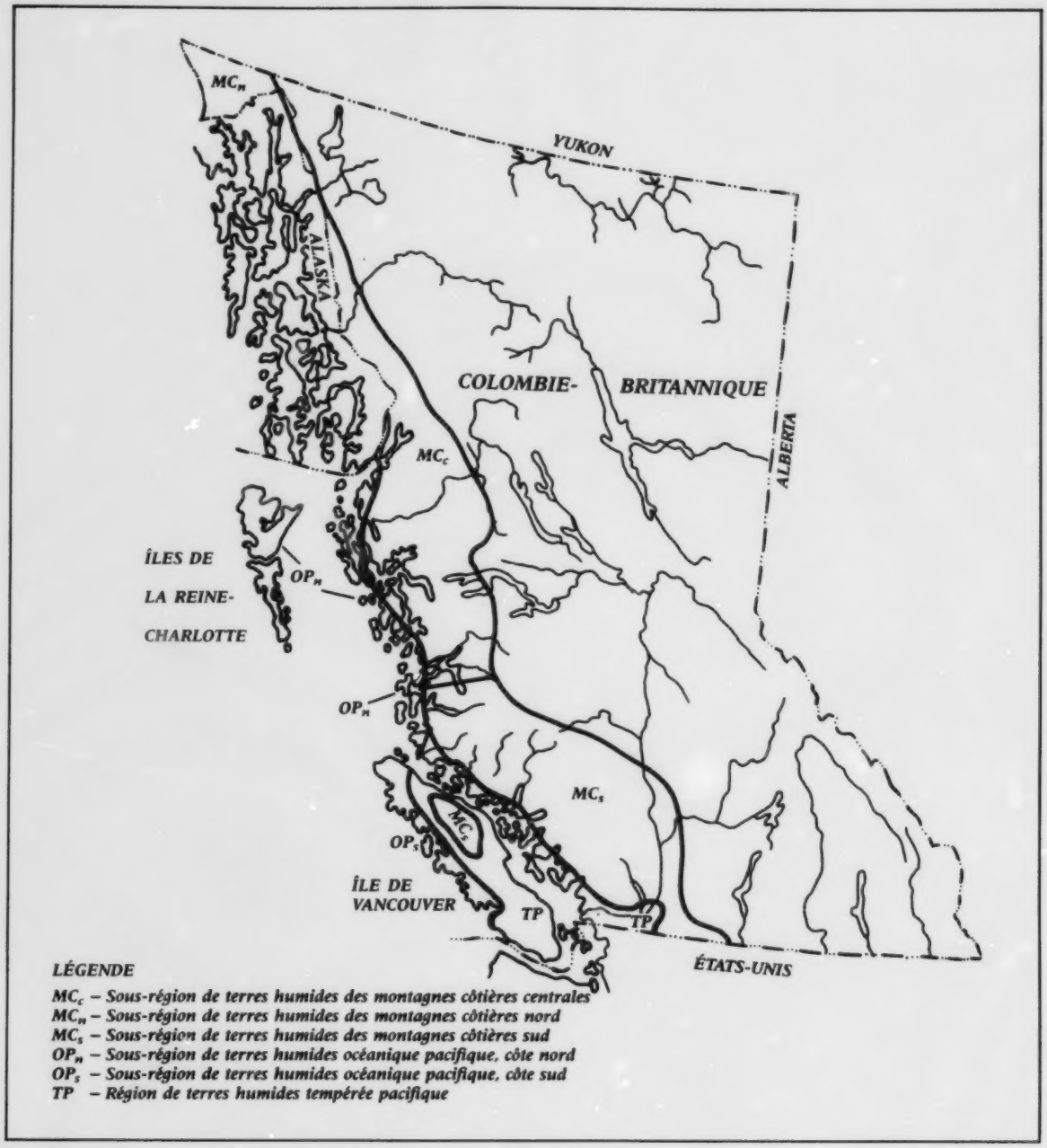


Figure 8–1.
Régions et sous-régions de terres humides de la côte du Pacifique.

Sous l'influence du climat maritime, la croissance végétale est relativement luxuriante mais la décomposition de la matière organique est plutôt lente. En conséquence, la matière organique tend à s'accumuler, notamment dans les endroits humides où la présence d'eau libre empêche l'aération nécessaire à une décomposition rapide. La tourbe s'accumule dans les dépressions mal drainées ainsi que sur les pentes moyennes à fortes (Rigg, 1914, 1922, 1937; Lawrence, 1958; Neiland, 1971; Reiners *et al.*, 1971).

Les terres humides de la côte du Pacifique sont classées en deux régions de terres humides et deux sous-régions (Groupe de travail national sur les terres humides, 1986; figure 8–1). La région de terres humides tempérée pacifique (TP) couvre le sud de l'île de Vancouver, les basses terres du Fraser et, vers le nord, les deux côtés du détroit de Georgie, y compris les îles Gulf. Il s'agit d'un milieu relativement sec dans lequel les terres humides constituent moins de 5 % de la superficie totale. Les terres humides caractéristiques de cette région sont des marécages, des bogs bombés et de bassin ainsi que des fens et des marais

plats, surtout de ruisseau ou de rivage. La région de terres humides océanique pacifique (OP) comprend les sous-régions des côtes sud et nord (OPs et OPn). La sous-région de la côte sud de la région de terres humides océanique pacifique (OPs) s'étend dans l'ouest et le nord de l'île de Vancouver et se caractérise par des bogs plats ou de bassin, des fens de ruisseau, des marécages de bassin et des marais le long de la côte et des estuaires. La terre ferme le long du détroit de la Reine-Charlotte jusqu'à la frontière de l'Alaska ainsi que les îles de la Reine-Charlotte se trouvent dans la sous-région de la côte nord de la région de terres humides océanique pacifique (OPn). Il s'agit de la zone qui reçoit le plus de précipitations de tout le Canada et les terres humides en couvrent jusqu'à 75 % de la superficie. Les terres humides caractéristiques de la côte nord sont des bogs inclinés, de bassin et de rivage, des fens localisés de ruisseau, des marécages de bassin et des marais d'estuaire ou de rivage.

La plupart des terres humides de la côte ouest sont relativement petites par rapport aux terres humides de bien d'autres parties du Canada, surtout à cause de la topographie qui en limite le développement. Certaines des terres humides les plus étendues de la région de terres humides tempérée pacifique se trouvent dans le delta du Fraser, qui se compose d'une vaste étendue essentiellement plane de matériaux fluviatiles. La plupart des autres terres humides sans marée de cette région se sont formées dans des dépressions où le drainage est entravé par la présence de l'assise rocheuse, d'une moraine de fond compacte ou d'argile marine. Dans la région de terres humides océanique pacifique, on retrouve des terres humides relativement grandes sur des surfaces planes et des pentes faibles à moyennes; ces terres humides reflètent les fortes précipitations de la région. Des horizons de sol imperméables limitent le drainage et jouent donc un rôle dans la formation de terres humides. Des bogs inclinés s'unissent parfois à des terres humides formées dans des bassins. Mais ces terres humides aussi sont interrompues par des affleurements rocheux.

Le présent chapitre décrit les formes de terres humides représentatives de la côte du Pacifique, donne un aperçu de la géologie, du climat et de l'écologie et définit les critères de formation des terres humides dans l'environnement de la côte ouest. Suit une description de la dynamique et de l'importance des terres humides côtières.

Cadre naturel

Géographie

La côte ouest du Canada se compose essentiellement de la chaîne de montagnes côtières où dominent les roches ignées et intrusives du mésozoïque, érodées par le passage des glaciers, et de la chaîne de montagnes insulaires, formée de roches d'origine volcanique ou sédimentaire. Une grande portion de la côte est jalonnée de fjords, et de nombreuses basses-terres sont contigües à l'océan Pacifique (Holland, 1976). Les deux chaînes de montagnes sont séparées par une dépression large de 30 km, remplie par la mer, (à l'extrémité sud de l'île de Vancouver) à 75 km (aux îles de la Reine-Charlotte), parsemée de plusieurs îles situées près du centre-nord de l'île de Vancouver. La chaîne de montagnes côtières comprend plusieurs sommets de plus de 3 000 m au-dessus du niveau de la mer et la chaîne de montagnes insulaires, des sommets de plus de 2 000 m; le présent chapitre, cependant, ne traitera que de terres situées à moins de 600 m au-dessus du niveau de la mer.

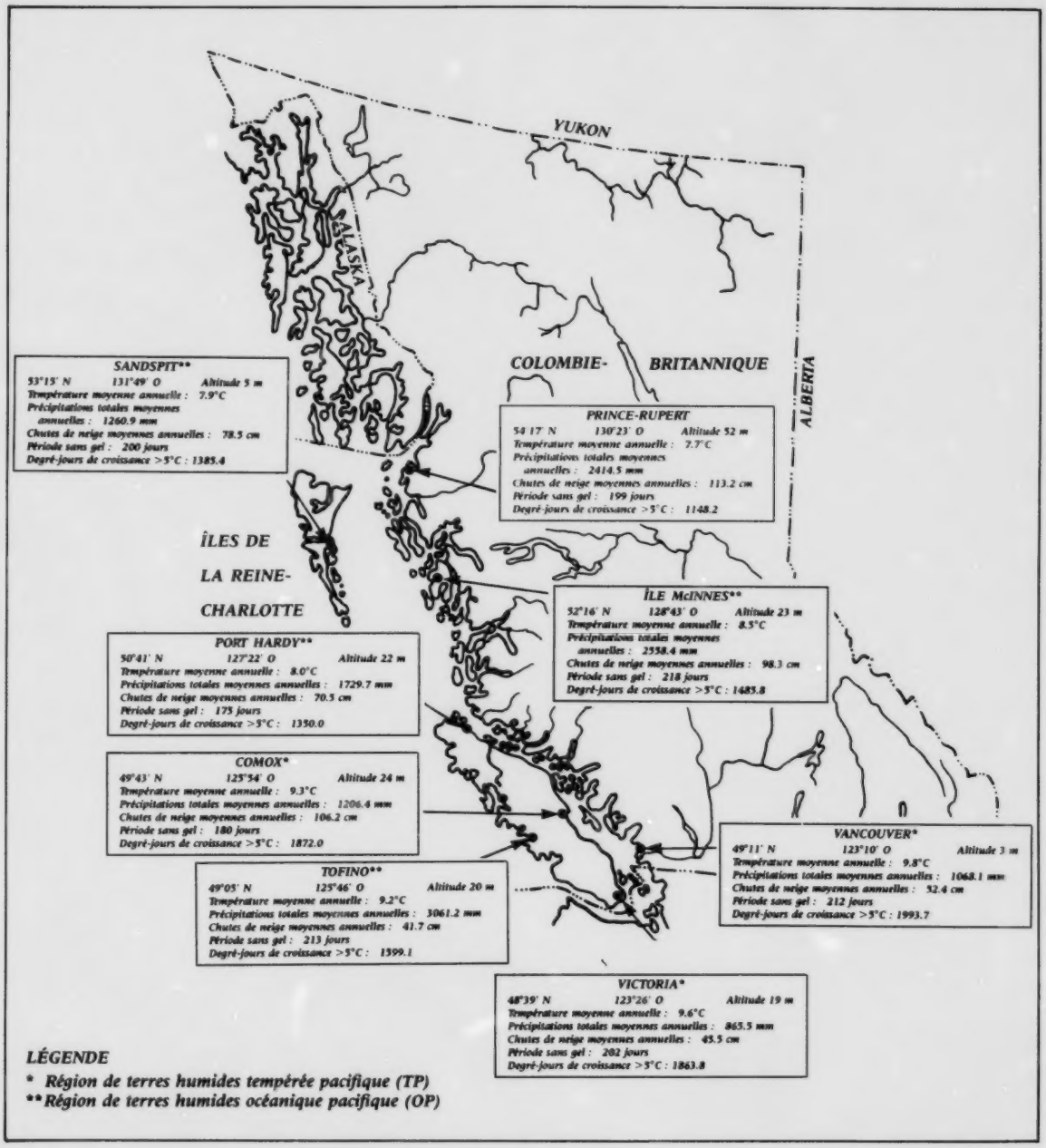
Sur les plans géologique et géomorphologique, les basses terres sont séparées en trois sections : la plaine côtière d'Estevan, qui longe la côte ouest de l'île de Vancouver et qui repose sur des grès tertiaires et des roches plus dures du groupe de Vancouver; la dépression d'Hecate, qui comprend l'extrémité nord de l'Île de Vancouver, les basses terres de la Reine-Charlotte et les basses terres à l'extrémité ouest du continent et qui repose sur des roches sédimentaires et basaltiques du mésozoïque supérieur et du cénozoïque inférieur et la dépression de Georgie qui s'étend vers le sud depuis le centre de l'île de Vancouver pour inclure le delta du Fraser et qui repose, à l'est, sur des roches granitiques et à l'ouest, sur des roches sédimentaires du crétacé supérieur (Holland, 1976).

Les matériaux superficiels proviennent surtout des principaux épisodes glaciaires des périodes tertiaire (époques miocène et pliocène) et quaternaire (époque pléistocène) (Fyles, 1963). La dernière glaciation, celle du pléistocène récent, a modifié ou recouvert les dépôts de périodes glaciaires précédentes. Durant une partie de cette glaciation, une grande part des terres côtières actuelles étaient submergées sous environ 150 m d'eau de plus que le niveau actuel de la mer (Clague, 1981). Cela a entraîné l'accumulation d'argiles et de sable marins sur des sédiments glaciaires ou sur l'assise rocheuse. Durant la glaciation et la déglaciation subséquente, certaines terres ont été arrachées pour ne laisser que l'assise rocheuse alors que d'autres ont été recouvertes de divers matériaux fluvio-glaciaires ou provenant de mouvements de masse. Certaines de ces accumulations ont subi et continuent de subir l'action du vent et de l'eau.

Les accumulations de tourbe se sont formées depuis la déglaciation, il y a 13 500 à 10 500 ans avant notre ère (ANE), bien qu'on ait retrouvé de la tourbe vieille d'à peu près 40 000 ans (Fyles, 1963; Howes, 1981; Clague, 1981). L'accumulation de tourbe se poursuit là où des perturbations ou l'envahissement par les forêts n'ont pas modifié les processus de formation de la tourbe.

Climat

Le climat maritime pacifique se caractérise par des hivers frais et pluvieux et des étés chauds, de secs à humides. Les températures mensuelles moyennes varient de 1.7°C en janvier à 17.4°C en juillet pour huit



Sources : Chilton (1981) et le Service de l'environnement atmosphérique (1982).

Figure 8–2.
Données climatologiques provenant de diverses stations de la côte du Pacifique.

stations climatiques situées près de la côte, mais toute station donnée peut connaître une plage moindre (figure 8–2). La région de terres humides tempérée pacifique se limite essentiellement aux terres sous le vent des chaînes Olympic et de l'île de Vancouver et connaissent donc des conditions légèrement plus chaudes et beaucoup plus sèches que celles de la région de terres humides océanique pacifique.

Dans la région de terres humides tempérée pacifique, les précipitations annuelles moyennes, d'après les relevés de trois stations climatiques, varient de 856 mm à 1 206 mm (moyenne = 1 044 mm). Décembre est le mois le plus pluvieux et juillet le plus sec. La neige tombe principalement entre décembre et février bien qu'il puisse se produire des averses de neige en novembre et en mars. Les températures annuelles moyennes dans cette région varient de 9.3°C à 9.8°C (moyenne = 9.6°C); janvier est le mois

le plus froid et juillet, le plus chaud. La période sans gel varie de 180 à 212 jours (moyenne = 198 jours) et les degré-jours de croissance où la température est supérieure à 5°C varient de 1 864 à 1 994 (moyenne = 1 910).

Selon les relevés de cinq stations climatiques, les précipitations annuelles moyennes de la région de terres humides océanique pacifique varient de 1 261 mm à 3 061 mm (moyenne = 2 117 mm) quoique certains endroits en reçoivent plus. La période la plus arrosée s'étend d'octobre à janvier et la période la plus sèche, de mai à août. Il peut neiger de novembre à mars, mais la neige ne persiste qu'aux altitudes plus élevées. Les températures annuelles moyennes varient de 7.7°C à 9.2°C (moyenne = 8.2°C); janvier est le mois le plus froid et août, le plus chaud. La période sans gel se situe entre 175 à 213 jours (moyenne = 197 jours) et les degré-jours de croissance où la température est supérieure à 5°C varient de 1 148 à 1 599 (moyenne = 1 371). Les nuages et la brume sont plus courants dans cette région que dans la région de terres humides tempérée pacifique; il y a donc moins d'ensoleillement et les taux d'évapotranspiration sont plus faibles.

Écologie

Les terres de la côte du Pacifique renferme les forêts les plus productives du Canada. Les principales essences varient du sud au nord surtout à cause de différences associées aux précipitations et de l'évapotranspiration. Dans les portions les plus sèches du sud-est de l'île de Vancouver et du continent adjacent, on retrouve le chêne de Garry (*Quercus garryana*), l'arbousier de Menzies (*Arbutus menziesii*), le cornouiller du Pacifique (*Cornus nuttallii*), le sapin de Vancouver (*Abies grandis*) et le sapin de Douglas (*Pseudotsuga menziesii*), le pin tordu (*Pinus contorta* var. *contorta*), le cèdre de l'Ouest (*Thuja plicata*) et l'érable à grandes feuilles (*Acer macrophyllum*), entre autres. À mesure que s'accroît l'humidité, le sapin de Douglas, la pruche de l'Ouest (*Tsuga heterophylla*), le sapin gracieux (*Abies amabilis*), le cèdre de l'Ouest et l'aulne de l'Orégon (*Alnus rubra*) deviennent plus courants. Dans les parties plus humides le long de la côte ouest de l'île de Vancouver et vers le nord, les principales essences sont le sapin gracieux, le cèdre de l'Ouest, la pruche de l'Ouest et l'épinette de Sitka (*Picea sitchensis*). Dans le sud, le cyprès jaune (*Chamaecyparis nootkatensis*) et la pruche de Mertens (*Tsuga mertensiana*) sont des espèces subalpines, mais plus au nord, elles s'étendent jusqu'au niveau de la mer et sont parfois des composantes importantes des peuplements forestiers.

Dans les terres plus sèches de la côte, les sols sont surtout des brunisols eutriques et dystriques (Comité canadien de pédologie, 1978). Ces sols sont relativement chauds et bien drainés et la matière organique s'accumule plutôt lentement. Dans les régions mal drainées, on retrouve des sols gleysoliques et parfois des sols organiques dans des bassins dont l'écoulement est limité. À mesure qu'augmentent les précipitations, des podzols humo-ferriques et des podzols ferro-humiques se développent. On trouve dans les podzols ferro-humiques des horizons placiques imperméables, généralement à une profondeur de 45 à 60 cm. Il arrive cependant que les podzols humo-ferriques reposent sur l'assise rocheuse des matériaux glaciaires compacts et des horizons duriques qui limitent tout autant la pénétration de l'eau ou des racines. Dans un cas comme dans l'autre, l'eau pénètre jusqu'à la couche imperméable puis s'écoule en suivant la pente. Une couche de matériel organique folique reposant sur l'assise rocheuse peut former, surtout dans des environnements plus humides un substrat sur lequel la végétation peut s'implanter (Trowbridge, 1981). Bien que ces folisols soient des sols organiques, ils constituent rarement des substrats de terres humides. Des sous-groupes gleyifiés ou des phases tourbeuses de podzols humo-ferriques et ferro-humiques prédominent lorsque le drainage est limité en grande partie par des sols à texture fine.

Le cerf à queue noire (*Odocoileus hemionus columbianus*), que l'on retrouve partout dans cette partie du pays, est probablement le grand herbivore qui a le plus d'influence sur l'écosystème de la côte du Pacifique. On retrouve le cerf de Roosevelt (*Cervus elaphus roosevelti*) surtout dans le centre de l'île de Vancouver. L'écureuil roux (*Tamiasciurus hudsonicus*), le lapin de Nuttall (*Sylvilagus nuttallii*), le porc-épic d'Amérique (*Erethizon dorsatum*), et diverses espèces de souris, de campagnols et d'oiseaux sont également herbivores et peuvent donc avoir une influence directe sur la végétation. L'ours noir (*Ursus americanus*) et plusieurs espèces d'oiseaux sont omnivores et, de même que les espèces carnivores comme le loup (*Canis lupus*), le couguar (*Felis concolor*) et les pygargues (*Haliaeetus* spp.), ils ont une influence moins directe sur la végétation.

Critères de formation des terres humides

La plupart des critères de formation de terres humides, dont il a été question dans le chapitre d'introduction, s'appliquent également aux régions pacifiques. Cependant, certaines caractéristiques de la formation de terres humides sont propres aux environnements côtiers ou y sont plus marquées.

Les précipitations abondantes du climat pacifique assure un grand écoulement d'eau, non seulement dans les bassins mais aussi sur les pentes. Ainsi dans la région de terres humides océanique pacifique, la plus arrosée du Canada, les sols ne s'assèchent que rarement, voire jamais, même l'été. Les terres humides se forment là où le mouvement de l'eau du sol est entravé par l'assise rocheuse des horizons limitants ou des horizons organiques superficiels (Neiland, 1971; Ugolini et Mann, 1979; Banner *et al.*, 1983). Les terres humides comportent parfois une

accumulation de tourbe. Cependant, il arrive souvent que les laîches s'implantant là où il y a déjà eu une végétation forestière normale, alors de la tourbe de laîche peut se former. Un faible apport en éléments nutritifs et une diminution du pH peuvent favoriser une invasion par des sphaignes. Une couverture dense de sphaignes fait baisser la température du sol et réduit la teneur en oxygène (0), favorisant ainsi l'accumulation de tourbe. En l'absence de tourbe, on reconnaît les sols de terres humides par leurs horizons gleyifiés (Comité canadien de pédologie, 1978).

Le brouillard est un facteur climatique important associé aux environnements côtiers. Non seulement apporte-il de l'humidité mais il diminue le rayonnement solaire, réduisant ainsi l'évapotranspiration. La diminution du rayonnement solaire tend à faire baisser les températures de l'air et du sol, baisses qui ralentissent la vitesse de décomposition. Les effets combinés du brouillard, des précipitations élevées et des basses températures favorisent la formation de terres humides sur des terrains qui ne s'y prêteraient pas autrement.

Formes et types de terres humides pacifiques

Les terres humides sont relativement abondantes le long de la côte de la Colombie-Britannique (figure 8–3, a, b, c et d); les principales classes de terres humides sont les bogs et les marécages. Les fens et les marais sont essentiellement associés aux systèmes fluvio-estuariens. Les bogs représentent la classe de terres humides la plus abondante, notamment dans les climats océanique et hyperocéanique. Les bogs de la région de terres humides océanique pacifique et ceux de la région de terres humides tempérée pacifique présentent des différences de forme et de végétation illustrées dans les descriptions des formes. Les marécages se trouvent plus souvent dans le climat relativement plus sec et plus chaud du côté est de l'île de Vancouver et de la terre ferme adjacente. Cependant, comme il n'y a pas eu d'étude exhaustive des terres humides de la côte de la Colombie-Britannique, notre connaissance de certaines formes de terres humides est limitée.

Bogs de la côte du Pacifique

Bogs de bassin

Les bogs de bassin, situés vers le sud de la côte, sont généralement petits; leur taille varie de moins d'un hectare (Rigg et Richardson, 1938) à 100 hectares. Leur forme variable dépend des limitations imposées par la topographie. Nombre de bogs sont circulaires ou quasi-circulaires alors que d'autres sont quasi-rectangulaires ou à lobes. Une coupe dans le plan vertical montre que l'accumulation organique a une forme plus ou moins lenticulaire ou en forme de soucoupe, l'épaisseur la plus importante correspondant à la portion la plus profonde du bassin. Les bogs de bassin se trouvent dans des endroits où des bassins relativement petits se sont remplis de dépôts organiques qui ont créé un substrat permettant l'accumulation de tourbe et la formation du bog. C'est un exemple classique du modèle de succession hydrosérique ou de remplissage d'un bassin (Rigg, 1985; Moore et Bellamy, 1974).

Les configurations superficielles des bogs de bassin pacifiques varient considérablement. Les bogs de la région de terres humides tempérée pacifique, plus chaude et plus sèche, sont caractérisés par une dépression en périphérie (Rigg, 1925). En régime océanique, des configurations dendritiques de drainage associées à un exutoire se forment (figure 8–4). Dans un cas, sur la péninsule de Brooks marquée par un climat hyperocéanique, des étangs en terrasse se sont formés à la surface d'un petit bog de bassin. Dans certaines régions, par exemple à l'extrémité nord de l'île de Vancouver (Hebda, 1983) et près de Prince-Rupert (Banner, 1983), des bogs de bassin se sont étendus et font partie de complexes de bogs inclinés. Le concept du complexe de bourbier en couverture, proposé par Moore et Bellamy (1974), s'applique à la formation de bogs et à leurs caractéristiques dans la région de terres humides océanique pacifique.

Certains bogs, tel celui près de Bear Cove (Hebda, 1983), présentent une histoire complexe d'accumulation de tourbe ce qui rend difficile la mesure de la profondeur de la tourbe dans la colonne stratigraphique. L'épaisseur organique dans les bogs de bassin varie de 1 m environ à 10 m (tableau 8–1). C'est généralement la tourbe limnique qui prédomine, bien qu'à l'occasion ce soit plutôt la tourbe à laîche (le "bog Rithets") ou à sphaignes (le "bog de Nettle Island"). La formation des bogs de bassin est montrée par quatre sections représentatives à la figure 8–5 : ces bogs prennent naissance sous forme de lacs, puis traversent une phase dominée par la laîche, et deviennent enfin des bogs à sphaignes. Dans des bassins drainés artificiellement, la phase des sphaignes est suivie d'une phase de végétation arbustive et arborescente, produisant un sédiment humique fibreux où dominent les débris.

Peu de bogs de bassin du sud-ouest de la Colombie-Britannique ont fait l'objet d'études des caractéristiques chimiques, bien que des analyses récentes révèlent les caractéristiques chimiques des sédiments organiques (tableaux 8–2 et 8–3, a et b). Généralement le pH (de 3.5 à 4.5) et les teneurs en éléments nutritifs sont faibles, même dans le cas de bogs qui deviennent boisés, en raison de leur drainage et des modifications à la nappe phréatique (Pearson, 1985).

On peut identifier deux types de bogs de bassin d'après la végétation : conifères ou mousses.

Type de bog boisé de conifères : On retrouve dans deux bogs de bassin, le bog Camosun à Vancouver et le bog Rithets à Victoria, des peuplements de pins tordus ou de pins tordus–pruches de l'Ouest. Le pin tordu ou la pruche de l'Ouest dominent un étage

Tableau 8–1. Profondeur de la tourbe dans les bogs de bassin de la côte du Pacifique

Bog	*Emplacement*	*Profondeur de la tourbe*	*Source*
Bog Camosun	Vancouver	4.0–5.5 m	Pearson (1985), Rouse*
Bog Rithets	Victoria	8.5–9.9 m	Zirul (1967)
Bog Tyee	Duncan	env. 10.0 m	Rigg et Richardson (1938)
Bog de l'île Effingham	Détroit de Barkley île de Vancouver	8.0 m	Hebda*
Bog de l'île Nettle	Détroit de Barkley île de Vancouver	8.0 m	Hebda*
Bog de Gold Creek	Péninsule de Brooks île de Vancouver	4.0 m	Hebda*
Bog de Bear Cove	Près de Port Hardy île de Vancouver	2.0 m	Hebda (1983)
Plusieurs	Environs de Prince Rupert	1.0–4.0 m	Banner *et al.**

**Données tirées de dossiers inédits.*

arbustif composé principalement de *Gaultheria shallon* et de *Ledum groenlandicum*. Les étages d'herbacées et de bryophytes sont peu développés, sauf dans les clairières. *Oxycoccus microcarpus, Sphagnum* spp. (surtout *Sphagnum rubellum*) et autres bryophytes recouvrent une grande partie de la surface. Cette végétation est tout probablement un résultat du drainage et des perturbations. Il est difficile de déterminer la végétation originale mais elle comportait probablement des communautés typiques de bogs à dominance de sphaignes, puisqu'on retrouve beaucoup de tourbe à sphaignes sous la surface et que les pins tordus ont tous moins de 100 ans.

Type de bog à mousses : le climat océanique et l'absence de perturbations conduisent à une végétation différente dans les bogs de bassin. Le fossé de drainage en périphérie qui entoure généralement un bog de bassin n'existe pas. La végétation du bog s'étend souvent jusqu'à la base des pentes avoisinantes où elle cède la place à la forêt, d'habitude sous une bande dense d'arbustes et de petits arbres (figure 8–6).

Tableau 8–2. Conductivité spécifique, teneur en éléments nutritifs et pH annuels moyens de l'eau de sol provenant du bog Camosun, Vancouver, Colombie-Britannique

pH	3.5–4.5
Ca^{++}	1–3 mg/L
Mg^{++}	1–2 mg/L
K^{+}	env. 1–2 mg/L
Na^{+}	env. 3–4 mg/L
NO_3^{-}	1 mg/L
NH_4^{+}	1–4 mg/L
PO_4^{3-}	1–2 mg/L
Conductivité spécifique	40–70 µS/cm

Source : **Pearson (1985).**

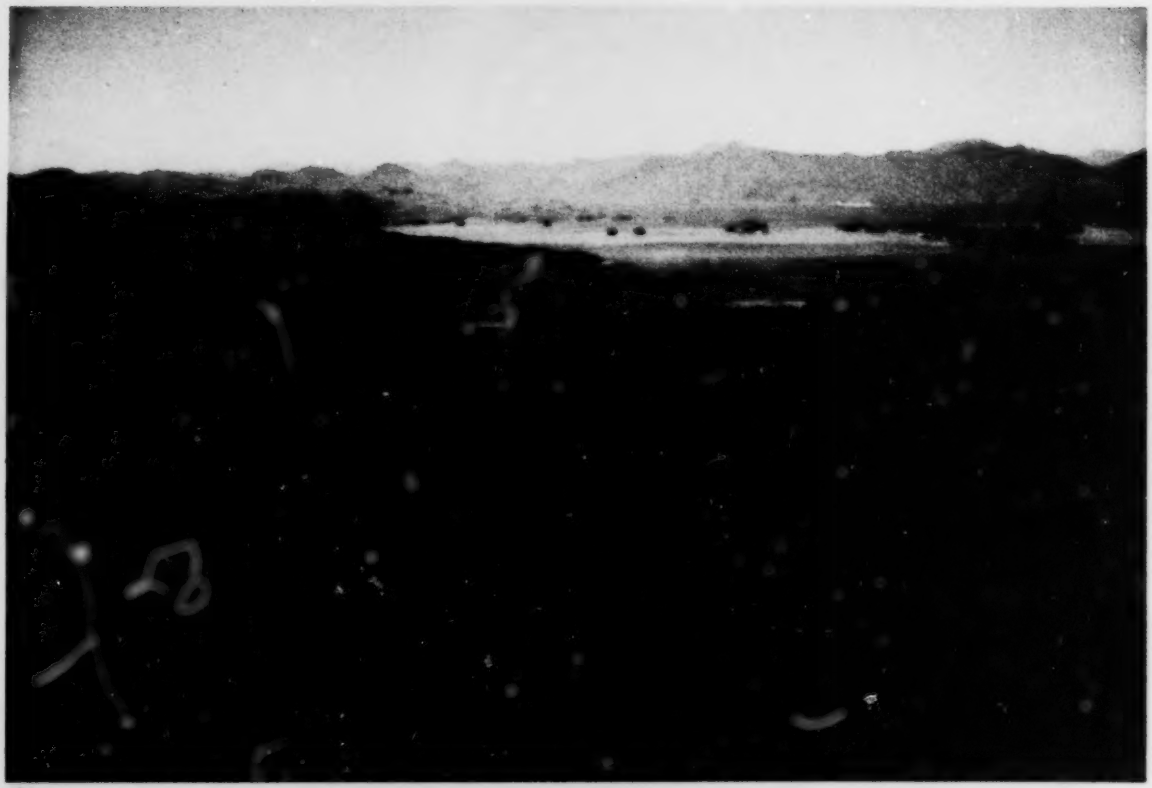
Le plus souvent, la végétation de ce type de bog de bassin (tableau 8–4) se compose d'un tapis mamelonné de *Sphagnum* spp., où poussent diverses espèces herbacées, et de zones de cèdre rouge arbustif ou, plus rarement, de cyprès jaune. Les arbustes de faible hauteur et les plantes herbacées les plus courants comprennent *Ledum groenlandicum, Kalmia polifolia, Oxycoccus microcarpus, Rhynchospora alba, Drosera rotundifolia, Drosera anglica, Blechnum spicant, Hypericum anagalloides* et *Lycopodium inundatum*. Le groupe *Sphagnum rubellum* et *Sphagnum imbricatum* couvre généralement de 80 à 100 % de la surface. *Nuphar polysepalum* occupe les étangs peu profonds ou les chenaux (figure 8–7).

Bogs de rivage et bogs flottants

On retrouve deux formes semblables de bogs en bordure de petits lacs : les bogs flottants et les bogs de rivage. Comme il n'existe pas suffisamment d'observation de terrain pour pouvoir les décrire séparément, on les a regroupées ces formes en une seule catégorie : les bogs de rivage, dont on traite ici.

Les bogs de rivage (voir figures 8–8 et 8–9) se trouvent en bordure des lacs dystrophes. Sur la côte ouest de l'île de Vancouver, presque tous les petits lacs dont le rivage est en pente douce comprennent un bog de rivage, mais ces bogs sont moins nombreux le long de la côte est, plus chaude et plus sèche, de l'île de Vancouver et sur la terre ferme adjacente. Ces bogs peuvent être flottants ou ancrés au rivage et on observe en effet la présence des deux types de bogs dans un lac des îles Broken Group, sur la côte ouest de l'île de Vancouver. D'habitude, les bogs de rivage forment une bande étroite (de 2 à 20 m de largeur) le long d'une portion en pente douce ou quasi plane de la rive ou ils recouvrent complètement une petite baie ou le coin d'un lac. La plupart de ces bogs ont moins de 0.1 hectare de superficie, bien que certains atteignent 5 hectares.

(a)



(b)

(c)

(d)

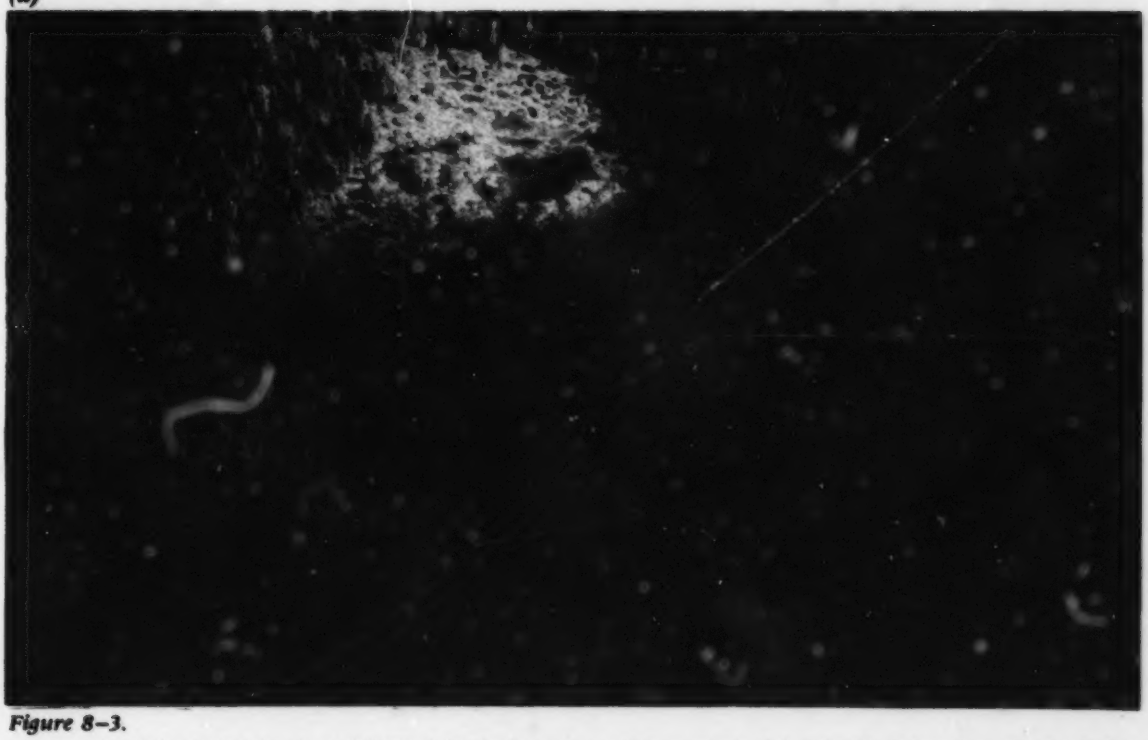


Figure 8–3.

(A) Complexe de bog incliné dans le nord de l'île de Banks, basses terres côtières centrales de la Colombie-Britannique. (B) Bog incliné, phase profonde, située à 80 m d'altitude près du lac Rainbow au sud-est de Prince-Rupert, Colombie-Britannique. L'association végétale est Myrica gale/Scirpus caespitosus–Rhynchospora alba/Cladina impexa– Sphagnum rubellum, Sphagnum papillosum. *L'intervalle entre les jalons est de 25 cm. (C) Complexe de bog incliné : type arbustif, phase peu profonde au premier plan et type à conifères au second plan. Pointe Littlejohns, île Pitt, Colombie-Britannique, à 50 m d'altitude. L'intervalle entre les jalons est de 25 cm. (D) Fen incliné dans le cours supérieur du ruisseau Williams, au sud-est de Terrace, Colombie-Britannique, à 600 m d'altitude. La forêt environnante est composée surtout de* Tsuga heterophylla *et d'*Abies amabilis.

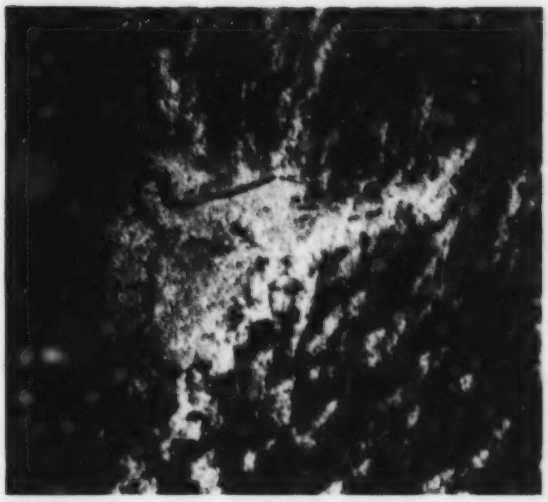


Figure 8–4.
Drainage dendritique dans un bog de bassin.

La surface des bogs de rivage est d'habitude uniforme et se compose de complexes de tapis de mousse–buttes. Généralement, ces bogs ne comprennent pas de plan d'eau. La stratigraphie et l'épaisseur de la tourbe sont extrêmement variables. Les bogs flottants peuvent atteindre 13 m d'épaisseur (d'après les observations de R. Hebda dans le "bog de l'île Tzartus", île de Vancouver), mais en ont généralement moins de 10 m. L'épaisseur des bogs de rivage ancrés est moindre et varie généralement de quelques décimètres à 3 m. L'épaisseur de la tourbe augmente graduellement de quelques centimètres du côté du littoral à plus de 2 m du côté de l'eau. Il y a parfois des grosses roches ou des affleurements de l'assise rocheuse.

Des études stratigraphiques des bogs flottants indiquent que la portion supérieure de la séquence (d'environ 1 m) se compose de tourbe fibreuse à sphaignes (figure 8–9). Sous cette couche, l'on retrouve généralement de la tourbe fibreuse humide qui peut contenir des *Sphagnum* spp., de la laîche et des restes de macrophytes aquatiques, souvent liés ensemble par des racines vivantes et mortes. La tourbe contient des zones d'eau au-dessus des sédiments limniques du fond du lac.

Sphagnum spp. domine parfois les accumulations des bogs ancrés mais ces accumulations se composent plus souvent de strates de tourbe fibreuse de légèrement à très humifiées, renfermant de rares lentilles d'eau qui reposent sur des sédiments organiques limniques et du gyttja (figure 8–10). La nature de la tourbe et de la végétation (tableau 8–5) dans les bogs ancrés dépend de la position du bog par rapport à l'exutoire du bassin. En effet, les bogs éloignés de l'exutoire sont dominés par des sphaignes, comptent

Tableau 8–3a. Données chimiques* sur deux bogs de bassin du Pacifique à drainage périphérique près de Campbell River, Colombie-Britannique

Horizon	Profondeur (cm)	pH 1:2 .01 M $CaCl_2$	C (%)	H (%)	N (%)	Solution de pyrophosphate (%)	Cendres (%)	Fibres		Cations échangeables (mé/100 g)					Valeur calorifique (cal/g)
								Non broyées (%)	Broyées (%)	Ca	Mg	K	Na	CEC	
Of	0–28	3.0	—	—	—	5.0	1.9	100	82	9.2	7.4	0.76	0.68	132.8	5 374
Om1	28–106	3.1	59.7	5.83	1.62	30.0	3.0	60	10	5.1	2.8	0.36	0.52	126.8	5 668
Om2	106–225	3.6	54.0	5.15	1.64	15.0	2.5	70	28	9.7	4.3	0.12	0.61	124.8	5 524
Om3	225–315	4.2	52.7	4.64	1.23	17.0	4.2	24	Tr**	—	—	—	—	140.8	5 833
Om4	315–523	4.6	25.5	2.27	0.94	8.0	5.3	88	18	29.7	10.7	0.15	1.55	102.6	5 849
Oco	523–545	—	30.6	3.31	2.00	13.5	—	82	Tr**	—	—	—	—	90.5	4 458
IICg	545+	—	6.2	0.86	0.69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Tableau 8–3b. Données chimiques** sur deux bogs de bassin du Pacifique sans drainage périphérique près de Prince-Rupert, Colombie-Britannique

Horizon	pH 1:2 .01 M $CaCl_2$	C (%)	H (%)	N (%)	Solution de pyrophosphate (%)	Cendres (%)	Fibres		Cations échangeables (mé/100 g)				Valeur calorifique (cal/g)
							Non broyées (%)	Broyées (%)	Ca	Mg	K	Al	
Of1	3.0	46.8	5.59	1.02	8.0	5.8	100	80	5.10	10.36	0.59	3.33	4 868
Om	2.9	50.5	5.56	1.14	9.0	5.4	80	46	—	—	—	—	5 340
Of2	3.0	47.2	5.98	0.88	6.8	2.0	100	100	4.62	10.36	0.44	1.67	5 223

**Analyses réalisées sous la surveillance de C. Tarnocai, Centre de recherche sur les terres, Ottawa.*
***Tr–trace.*

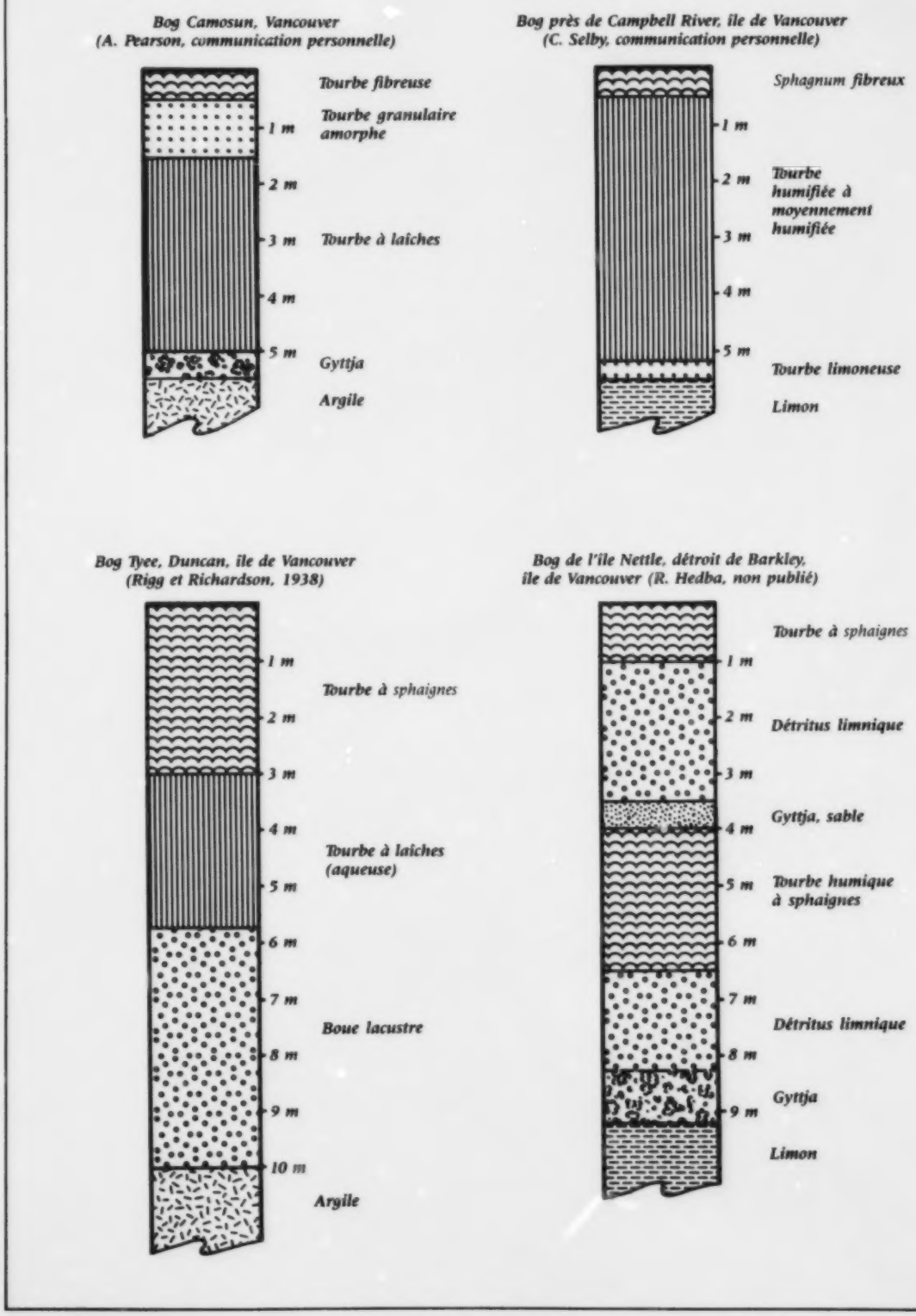


Figure 8–5.
Stratigraphie de divers bogs de bassin de la côte du Pacifique.

Figure 8–6.
Bog de bassin, type à mousse, au lac Rainbow, au sud-est de Prince-Rupert, Colombie-Britannique, à une altitude de 50 m. L'association végétale est Carex pluriflora–Trientalis europaea – Kalmia polifolia/Sphagnum rubellum *et* Sphagnum papillosum.

d'habitude peu d'espèces et produisent surtout de la tourbe à sphaignes alors que les bogs situés près de l'exutoire recoivent un apport régulier en éléments nutritifs. Ces derniers sont domines par des herbacées et comptent un grand nombre d'espèces. Il en résulte généralement de la tourbe humique légèrement fibreuse.

Les bogs de rivage ou flottants présentent communément une végétation de mousses et des plantes non ligneuses.

Tableau 8–4. Principales espèces d'un bog de bassin du Pacifique à drainage périphérique près de Campbell River, Colombie-Britannique, et leur pourcentage de couverture

Étages et espèces	*(%) de la couverture*	
	Près du bord	*Milieu du bog*
Étage arbustif		
Kalmia microphylla	2	30
Ledum groenlandicum	3	50
Oxycoccus microcarpus	—	70
Salix spp.	5	—
Spiraea douglasii	90	—
Étage des herbacées		
Carex rostrata	15	—
Carex sitchensis	10	—
Drosera rotundifolia	—	1
Étage de bryophytes		
Aulacomnium palustre	40	5
Polytrichum juniperinum	—	2
Sphagnum spp.	20	90

Source : C. Selby, Agriculture Canada, Vancouver.

Figure 8–7.
Nuphar lutea *dans un bog sur l'île Nettle, Colombie-Britannique.*

Type de bog à mousses et plantes non ligneuses : Le plus vaste bog flottant connu est situé sur le lac Village dans la péninsule Hesquiat en Colombie-Britannique, mais on ne possède pas de données sur sa végétation. Les bogs de rivage ancrés de Whyac Lake et de Bamfield sur la côte ouest de l'île de Vancouver sont dominés par des mousses et des plantes non ligneuses (tableau 8–5, figure 8–10). Les arbres y sont absents et la couverture arbustive éparse se compose principalement de cèdre nain de l'Ouest, de *Myrica gale* et de *Ledum groenlandicum*. Les strates herbacées et de bryophytes comptent de nombreuses espèces. Les associations végétales ressemblent beaucoup à celles que l'on retrouve sur la tourbe peu profonde en bordure de certains bogs de bassin. Les associations présentes sur ces bogs de bassin ont probablement pris naissance dans un milieu semblable avant qu'il n'y ait une terrestrialisation du lac ou du bog par accumulation de tourbe. Les résultats des analyses chimiques du bog de Bamfield sont présentés aux tableaux 8–6a et 8–6b.

Bogs inclinés

Les bogs inclinés (figures 8–11 et 8–12) constituent une forme courante de terres humides dans la région de terres humides océanique pacifique, mais n'existent pas dans la région de terres humides tempérée pacifique. On les retrouve à peu près sur toutes les pentes, qu'elles soient faibles ou abruptes (jusqu'à 70 %), et ils se prolongent même en terrain plat, ressemblant ainsi à des bogs en couverture. Les matériaux sous-jacents peuvent être l'assise rocheuse ou des dépôts morainiques, colluviaux ou fluviaux. L'épaisseur de la tourbe reflète la topographie sous-jacente et varie d'accumulations discontinues de

Figure 8–8.
Bog boisé de conifères sur l'île Nettle, Colombie-Britannique, et forêt environnante.

moins de 50 cm de profondeur à des couvertures continues de plus de 2 m de profondeur (Stephens *et al.*, 1970). La végétation varie de forêts relativement denses à des zones arbustives, mais, la productivité est faible dans tous les cas.

Les sols sont essentiellement des mésisols; les humisols, fibrisols, gleysols et folisols sont moins courants et les podzols humiques ou ferro-humiques ainsi que les régosols humiques apparaissent parfois là où la tourbe est peu profonde. La tourbe à laîche domine les horizons inférieurs et la tourbe à *Sphagnum* et à autres mousses, les horizons supérieurs; des plantes ligneuses sont présentes partout. La tourbe est extrêmement acide; le pH varie de 2.9 à 3.2 à la surface et augmente avec la profondeur jusqu'à 3.7 à 4.5 près du fond (tableau 8–7). La teneur en cendres est généralement faible (inférieure à 5 %) à la surface mais augmente avec la profondeur. Le calcium (Ca) et le magnésium (Mg) échangeables diminuent avec la profondeur quand il y a des arbres, mais sont plus abondants dans les horizons dotés d'arbustes.

Dans le complexe de bogs inclinés, on reconnaît deux types de terres humides caractérisées par deux phases chacun : terres boisées de conifères (phase de forêt et phase de forêt claire) et type arbustif supérieur

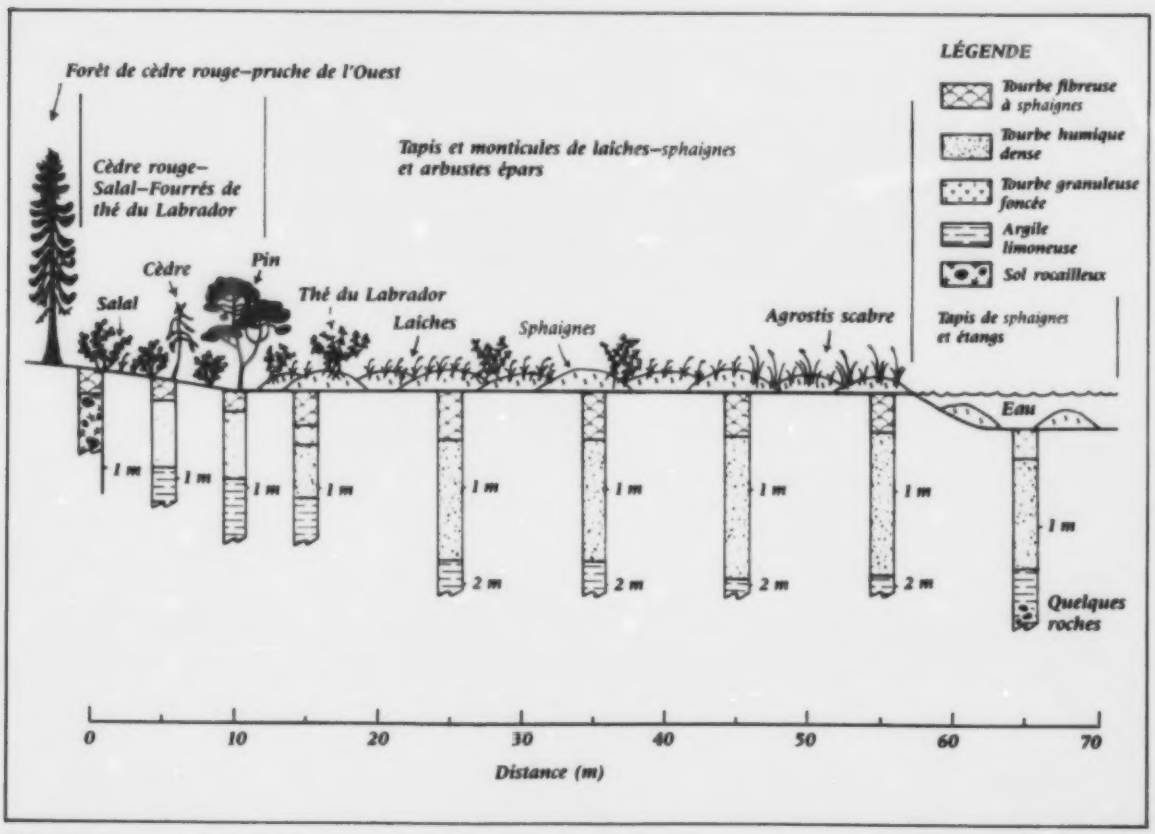


Figure 8–9.
Végétation et stratigraphie d'un bog de rivage (Bog Bamfield, Colombie-Britannique).

(phase profonde et phase peu profonde). La phase peu profonde du type arbustif supérieur correspond à des terres humides inclinées en transition entre le bog et le fen.

Type de bogs boisé de conifères, phase de forêt : le couvert forestier est peu dense, d'âge inégal, rarement supérieur à 20 m de hauteur et dominé par le thuya de l'Ouest, le cyprès jaune et le pin tordu (figure 8–13). On retrouve souvent comme arbre dominé la pruche de l'Ouest, qui n'a qu'une importance secondaire dans le couvert supérieur (tableau 8–9). Les chicots morts sont courants et les thuyas et cyprès sont généralement secs en cime.

Les étages arbustifs sont bien développés, sauf là où le cerf a trop brouté, comme c'est le cas dans les îles de la Reine-Charlotte. La régénération des arbres domine l'étage des grands arbustes. *Gaultheria shallon* est l'espèce arbustive dominante. Une gamme diversifiée d'espèces de forêt et de bog compose l'étage d'herbacées et d'arbustes nains bien développés, sauf là où cet étage a été trop brouté. La couverture végétale bien développée reflète également le caractère de transition des bogs inclinés à forêts de conifères. Des espèces forestières de bas plateaux comme *Rhytidiadelphus loreus, Hylocomium splendens, Sphagnum girgensohnii, Rhizomnium glabrescens* et *Plagiothecium*

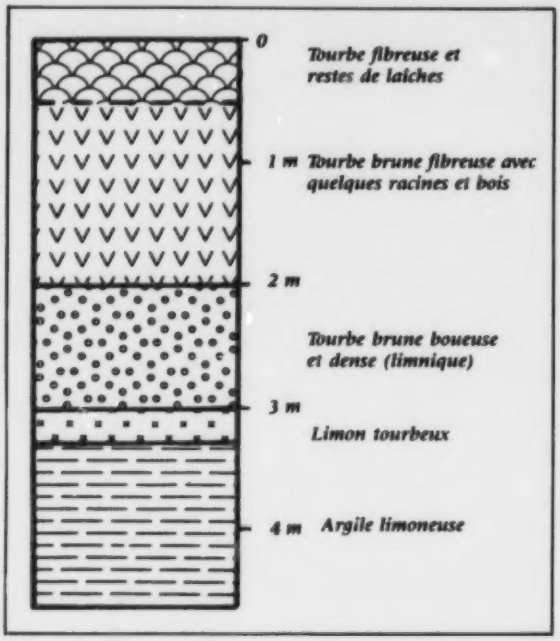


Figure 8–10.
Stratigraphie d'un bog de rivage (lac Whyac, côte ouest, île de Vancouver).

Tableau 8–5. Principales espèces de deux bogs de rivage du Pacifique, côte ouest de l'île de Vancouver, et leur pourcentage de couverture

Étage et espèces	(%) de la couverture			
	Bog Bamfield			Lac Whyac
	Bordure	Milieu	Près du centre	
Étage arboré				
Pinus monticola	5	—	—	—
Thuja plicata	5	—	—	—
Étage arbustif				
Gaultheria shallon	25	3	—	—
Ledum groenlandicum	25	15	—	—
Thuja plicata	40	1	—	—
Myrica gale	—	—	—	30
Oxycoccus microcarpus	*	8	1	5
Étage des herbacées				
Blechnum spicant	20	10	—	—
Carex livida	—	*	—	20
Carex phyllomanica	—	5	—	—
Carex rostrata	12	30	8	20
Hypericum anagalloides	—	10	—	2
Lycopodium inundatum	—	—	2	5
Nuphar polysepalum	—	—	—	5
Panicum occidentale	—	—	—	5
Plantago macrocarpa	—	—	—	10
Rhynchospora alba	—	—	5	—
Sanguisorba officinalis	—	—	—	30
Étage de bryophytes				
Dicranum spp.	5	—	—	—
Sphagnum imbricatum	—	5	—	—
Sphagnum papillosum	10	70	50	—
Sphagnum rubellum	35	15	—	—
Sphagnum tenellum	—	—	10	—
Sphagnum spp.	—	—	—	50
Gymnocolea inflata	—	—	15	—

* *Trace.*

Tableau 8–6a. Analyses d'échantillons prélevés à des sites choisis du bog Bamfield, Colombie-Britannique*

N° de station**	Profondeur (cm)	pH ($CaCl_2$)	CEC (mé/100 g)	Saturation en base (%)	Cations échangeables (mé/100 g)			
					Ca	Mg	K	Na
1	0–15	3.80	25.95	21	4.12	0.91	0.27	0.15
2	0–15	3.90	88.02	19	10.86	4.27	0.92	0.46
3	40–60	4.73	105.83	24	20.42	3.74	0.30	0.75
4	0–15	4.08	98.73	25	16.90	6.25	0.58	0.53
5	—	4.17	98.24	21	13.25	6.38	0.70	0.65
6	0–15	3.95	101.45	23	16.09	6.57	0.51	0.60
7	0–20	3.63	103.74	20	13.32	6.03	0.61	0.65
8	0–20	4.30	74.60	23	14.91	2.15	0.14	0.26
8a	0–20	5.20	61.09	56	29.10	3.42	0.34	1.39
9	0–20	4.86	57.03	82	20.70	3.26	0.21	0.32
10	0–20	4.85	55.61	36	17.31	2.08	0.14	0.33
11	10–30	3.60	105.21	14	8.23	4.06	0.88	1.02

Tableau 8–6b. Analyses de tous les éléments à divers sites du bog Bamfield, Colombie-Britannique*

N° de station**	Éléments (mg/kg)													
	Ca	Mg	Na	K	Al	Ti	Pb	Cu	Fe	Mn	Zn	Ni	S	P
1	393.7	588.94	213.72	813.57	6 455.0	76.66	13.18	6.50	2 984.3	48.01	15.40	5.92	172.33	133.54
2	2 011.4	660.04	201.00	555.46	6 777.6	73.26	15.39	7.39	3 215.7	21.44	9.07	3.40	1 176.40	1 046.50
3	5 321.1	791.05	277.72	573.16	19 014.2	135.80	23.99	17.83	9 373.1	133.39	14.48	31.32	2 568.80	800.45
4	4 086.1	1 805.20	264.74	737.98	10 916.3	199.70	37.98	16.27	6 756.5	108.05	23.56	5.07	1 503.80	914.06
5	3 702.1	3 606.70	386.78	1 386.50	18 097.2	291.72	64.88	23.66	17 668.7	247.47	39.09	8.42	990.26	726.10
6	3 986.0	2 947.30	357.76	1 117.30	15 869.5	288.71	51.02	17.10	12 567.5	152.21	29.95	6.55	762.94	618.11
7	2 714.3	1 009.40	239.62	373.70	6 182.0	83.98	161.29	7.50	5 415.2	23.21	18.64	3.76	695.73	525.78
8	3 548.4	500.53	153.30	415.43	13 220.2	103.16	19.50	6.07	3 011.4	14.90	7.15	5.52	1 412.20	486.39
8a	7 329.5	827.60	394.90	426.25	10 353.9	163.57	20.57	7.20	4 056.3	84.91	15.50	5.26	2 618.70	535.19
9	4 759.1	743.58	177.24	383.06	10 002.6	147.10	19.67	5.24	2 955.7	16.98	15.56	5.16	1 499.60	547.11
10	3 925.7	607.37	191.14	438.20	11 393.2	154.62	16.76	5.31	50 002.6	27.53	15.49	5.47	1 321.70	480.59
11	1 420.4	694.14	304.52	518.62	8 555.4	77.22	18.74	6.35	5 228.6	49.50	19.08	3.99	1 128.10	1 002.00

* *Analyses réalisées sous la surveillance de S.C. Zoltai, Centre de foresterie du Nord, Edmonton.*
** *Les stations sont numérotées du bord (n° 1) au milieu (n° 11) du bog.*

Tableau 8–7. Données chimiques* sur des bogs inclinés du Pacifique des environs de Prince-Rupert, Colombie-Britannique

Type de bog/ phase	Horizon	pH 1:2 .01 M $CaCl_2$	C (%)	H (%)	N (%)	Solution de pyro-phosphate (%)	Cendres (%)	Fibres		Cations échangeables (mé/100 g)				Valeur calorifique (cal/g)
								Non broyées (%)	Broyées (%)	Ca	Mg	K	Al	
Boisé de conifères/ forêt	F**	3.0	48.8	5.74	1.26	18.6	5.0	—	—	6.24	5.43	2.96	10.30	5 343
	H**	3.0	45.7	5.91	1.54	30.0	12.3	70	22	3.84	3.36	1.65	10.70	5 400
	Oh1	3.0	43.7	5.71	1.54	51.0	15.6	80	2	2.04	1.97	1.02	9.99	4 856
	Oh2	3.0	38.1	5.91	1.07	84.0	26.0	80	2	1.26	0.99	0.62	8.99	4 903
	Oh3	3.2	27.8	3.36	0.76	90.3	19.6	54	2	1.02	0.30	0.40	16.70	3 232
	Bhf	3.7	7.7	0.94	0.18	—	—	—	—	0.84	0.20	0.38	6.32	—
Boisé de conifères/ forêt claire	F**	2.9	49.6	5.73	0.91	8.2	3.4	—	—	10.50	11.84	1.82	1.00	4 455
	Om	3.0	42.6	7.35	1.51	28.8	9.4	48	4	1.80	2.76	1.08	3.33	5 781
	Oh1	3.2	46.0	8.11	1.50	58.4	6.6	42		1.44	1.28	0.54	7.33	4 573
	Oh2	3.7	47.7	5.98	0.77	65.7	28.3	8	1	1.14	0.39	0.42	6.99	5 712
	Oh3	—	22.0	2.78	0.45	74.4	65.5	10	2	—	—	—	—	2 539
Arbustif supérieur/ profonde	Of	3.2	47.5	6.04	0.43	4.6	1.1	100	100	—	—	—	—	4 988
	Om	3.3	50.2	6.85	1.95	22.9	4.1	66	14	7.32	2.66	0.52	2.99	6 040
	Oh1	4.0	47.4	7.16	1.11	41.6	6.1	76	6	21.30	3.75	0.39	2.00	4 484
	Oh2	4.5	33.7	3.98	0.73	90.3	44.0	12	2	11.04	1.88	0.26	1.67	3 810

* *Analyses réalisées sous la surveillance de C. Tarnocai, Centre de recherches sur les terres, Ottawa.*
** *Voir Klinka* et al. *(1981).*

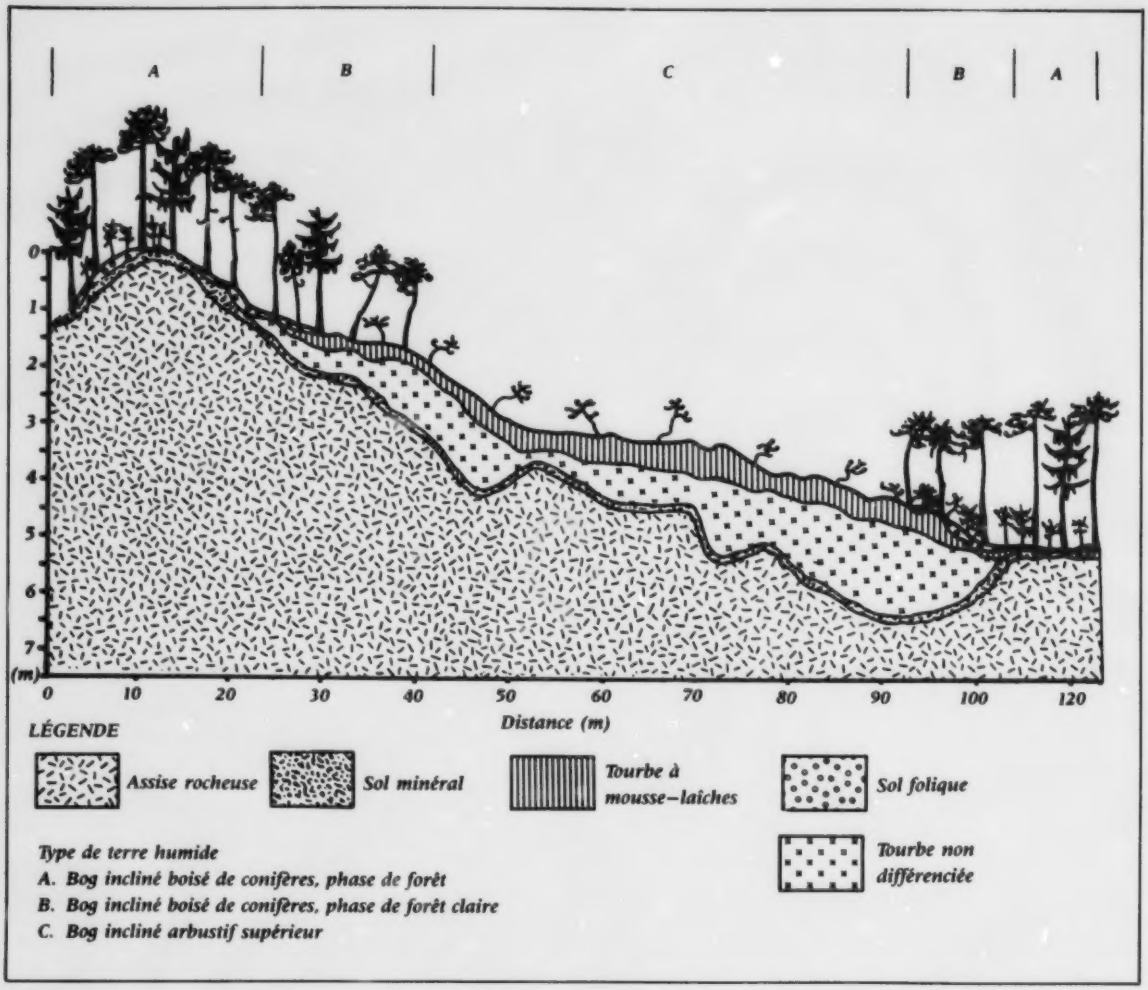


Figure 8–11.
Profil schématique d'un bog incliné près du lac Rainbow au sud-est de Prince-Rupert, Colombie-Britannique.

undulatum apparaissent ensemble avec plusieurs espèces des bogs inclinés à forêt claire ou des bogs boisés de conifères, notemment *Sphagnum papillosum, Sphagnum rubellum, Cladina rangiferina* et *Cladina impexa.*

Bien qu'on les retrouve plus fréquemment sur des pentes faibles à moyennes, les bogs inclinés à forêts de conifères peuvent exister sur des pentes qui atteignent 70 %. Les principaux sols sont des mésisols et des humisols, mais il y a aussi des gleysols, des gleysols humiques et des folisols accompagnés d'horizons organiques superficiels de 10 à 55 cm d'épaisseur. On présente au tableau 8–7 diverses données sur les caractéristiques chimiques et physiques des sols de bogs inclinés du type boisé de conifères et du type arbustif supérieur dans les environs de Prince-Rupert.

Type de bog boisé de conifères, phase de forêt claire : Le pin tordu, le cyprès jaune et le thuya de l'Ouest sont les arbres les plus abondants dans les bogs inclinés à boisés de conifères bien que l'on rencontre également la pruche de l'Ouest et la pruche de Mertens (figure 8–14, a et b). Les arbres sont souvent rabougris, toutefois, et dépassent rarement 12 m. La variation de hauteur d'arbre est due largement aux conditions de croissance du microsite plutôt qu'à des différences d'âge. Ce type est caractérisé par un grand nombre d'arbres morts sur pied et d'arbres à cime morte; les plus gros cèdres rouges et cyprès jaunes ont souvent la cime sèche.

Les étages arbustifs, bien développés, sont dominés par de jeunes arbres ou des arbres plus vieux rabougris et par *Gaultheria shallon. Fauria crista-galli, Coptis asplenifolia, Empetrum nigrum* et *Cornus canadensis* sont caractéristiques des étages d'arbustes nains et d'herbacées moyennement développés. Le broutage par les cerfs a appauvri les étages arbustifs et d'herbacées des bogs inclinés à forêt claire des îles de la Reine-Charlotte. *Rhytidiadelphus loreus* et *Hylocomium splendens* dominent l'étage de mousse bien développé. *Pleurozium schreberi* occupe les sites plus

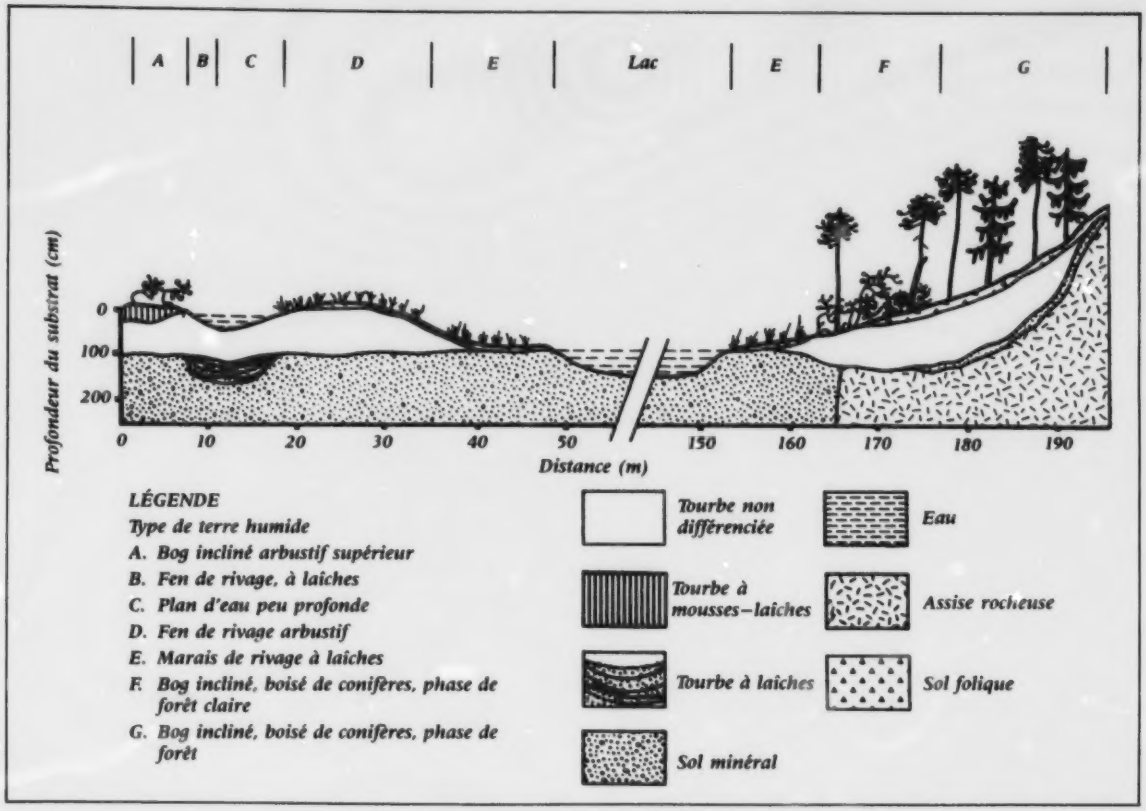


Figure 8–12.

Profil schématique d'une terre humide (comprenant les formes de marais, de fen et de bog) située près du lac Prudhomme au sud-est de Prince-Rupert, Colombie-Britannique.

élevés et plus secs et *Sphagnum* spp. poussent dans les dépressions humides (tableau 8–8).

Les bogs inclinés à forêt claire apparaissent sur la plupart des pentes, depuis le fond des vallées jusqu'aux pentes supérieures et aux sommets des crêtes. Les pentes varient généralement de 5 à 30 % mais peuvent atteindre 65 %. En climat hyperocéanique, ces pentes suffisent à empêcher l'accumulation d'eau stagnante, mais non à améliorer le drainage généralement faible. L'eau, l'oxygène dissous et les éléments nutritifs se déplacent donc lentement dans le sol. Les sols prédominants sont les mésisols, mais les folisols et les phases foliques des gleysols sont également courants.

Type de bog arbustif supérieur, phase profonde : Ces bogs ombrotrophes inclinés abritent une mosaïque de communautés végétales qui croissent en réponse à la topographie superficielle hétérogène et aux conditions d'humidité, ou qui les entraînent (figure 8–15). Les pins tordus, déformés et nains, sont dominants alors que le cyprès jaune et le thuya rouge de l'Ouest sont moins communs. Le développement des arbustes est plus apparent dans les habitats plus secs. Les arbustes courants sont *Juniperus communis*, *Ledum groenlandicum* et *Vaccinium uliginosum*. La présence de *Myrica gale* est généralement restreinte aux bordures de ruisselets qui méandrent à travers ces bogs.

L'étage d'arbustes nains et d'herbacées est généralement bien développé, quoique moins diversifié en principe que dans les bogs inclinés peu profonds (tableau 8–8). Les sites plus secs, particulièrement ceux de la sous-région de terres humides océanique pacifique de la côte nord, sont caractérisés par la présence d'*Empetrum nigrum*, de *Loiseleuria procumbens* et de *Vaccinium vitis idaea*. Les espèces herbacées, dont *Scirpus caespitosus* est généralement la dominante, forment la principale composante de toutes les communautés, à l'exception des plus humides. *Rhynchospora alba*, *Carex livida*, *Eriophorum angustifolium*, *Drosera rotundifolia*, *Drosera anglica* et *Lycopodium inundatum* colonisent les étendues de dépressions humides, qui semblent s'être développées, dans de nombreux cas, par le processus de succession à partir d'étangs ouverts. *Menyanthes trifoliata* apparaît couramment dans les étangs plus petits et *Nuphar polysepalum* peut également se trouver dans les étangs plus grands et plus profonds.

Les bryophytes et les lichens abondent partout et sont largement responsables de l'irrégularité des surfaces des bogs. Les buttes ou monticules secs se composent généralement de *Sphagnum rubellum*, *Sphagnum fuscum*, *Rhacomitrium lanuginosum*, *Cladina*

Tableau 8–8. Principales caractéristiques de la flore et des communautés végétales des divers types et phases de bogs dans la portion nord de la région de terres humides océanique pacifique*

Étage et espèces	Bogs inclinés du Pacifique				Bogs de bassin du Pacifique (4)	Bogs bombés du Pacifique (1)
			Arbustif supérieur			
	Boisé de conifères, forêt (32)**	Boisé de conifères, forêt claire (28)	Peu profonds (16)	Profonds (11)		
Étage dominant						
Thuja plicata	164	28	—	—	—	—
Chamaecyparis nootkatensis	118	33	—	—	—	—
Pinus contorta	88	75	—	—	—	—
Tsuga heterophylla	25	T	—	—	—	—
Tsuga mertensiana	8	2	—	—	—	—
Étage dominé						
Thuja plicata	80	16	—	—	—	—
Chamaecyparis nootkatensis	50	19	—	—	—	—
Tsuga heterophylla	28	T	—	—	—	—
Pinus contorta	23	10	—	—	—	—
Tsuga mertensiana	7	T	—	—	—	—
Jeunes arbres et semis d'arbres/ arbres rabougris						
Tsuga heterophylla	293	68	6	1	T	T
Thuja plicata	197	159	39	19	T	2
Chamaecyparis nootkatensis	95	407	137	44	T	—
Pinus contorta	36	185	188	100	T	175
Tsuga mertensiana	28	34	9	—	—	—
Arbustes						
Gaultheria shallon	240	177	6	3	—	—
Menziesia ferruginea	51	20	T	—	—	—
Vaccinium parvifolium	26	11	1	—	—	—
Ledum groenlandicum	12	41	23	54	7	75
Kalmia polifolia	T	23	14	63	87	15
Myrica gale	T	23	72	91	—	—
Juniperus communis	—	8	73	125	4	75
Arbustes inférieurs/herbacés						
Blechnum spicant	77	17	10	1	—	—
Carex anthoxanthea	69	11	T	—	—	—
Cornus canadensis	53	60	11	33	123	2
Veratrum viride	50	12	T	1	—	—
Calamagrostis nutkaensis	41	11	12	—	—	—
Lysichitum americanum	26	20	T	1	7	—
Coptis asplenifolia	18	29	3	7	4	—
Fauria crista-galli	11	123	51	5	87	—
Empetrum nigrum	8	43	45	107	11	75
Gentiana douglasiana	6	2	16	25	16	2
Agrostis aequivalvis	3	2	33	18	2	10
Drosera rotundifolia	2	5	21	40	53	2
Carex pluriflora	4	18	—	4	35	15
Trientalis europaea	3	13	12	29	40	2
Coptis trifolia	1	6	8	32	36	—
Eriophorum angustifolium	T	10	42	206	22	15
Carex livida	T	2	29	46	22	7
Andromeda polifolia	T	T	19	55	80	—
Scirpus caespitosus	T	91	480	293	427	—
Sanguisorba officinalis	T	15	51	201	71	2
Rhynchospora alba	—	1	56	116	—	—
Rubus chamaemorus	—	1	T	4	—	—
Vaccinium oxycoccus	—	3	T	23	20	35
Deschampsia caespitosa	—	1	27	1	—	—
Carex obnupta	—	—	—	—	—	75
Carex pauciflora	—	—	—	—	—	175

Tableau 8–8. (suite)

Étage et espèces	*Bogs inclinés du Pacifique*				*Bogs de bassin du Pacifique (4)*	*Bogs bombés du Pacifique (1)*
			Arbustif supérieur			
	*Boisé de conifères, forêt (32)***	*Boisé de conifères, forêt claire (28)*	*Peu profonds (16)*	*Profonds (11)*		
Mousses, hépatiques et lichens						
Rhytidiadelphus loreus	265	145	2	T	—	2
Hylocomium splendens	163	108	2	T	—	2
Sphagnum girgensohnii	103	65	1	—	—	35
Sphagnum rubellum	89	128	18	73	320	75
Sphagnum papillosum	73	45	26	106	643	—
Rhizomnium glabrescens	27	5	—	—	—	—
Herbertus aduncus	16	15	16	1	—	—
Sphagnum fuscum	11	20	7	50	6	—
Pleurozium schreberi	5	57	2	37	T	75
Cladina rangiferina	2	5	9	40	T	2
Cladina impexa	1	18	25	59	4	—
Sphagnum compactum	2	T	57	28	T	—
Sphagnum fallax	T	T	T	3	116	35
Campylopus atrovirens	—	—	47	T	—	—
Cladonia pseudostellata	—	T	2	49	T	—
Rhacomitrium lanuginosum	—	14	133	126	1	—
Siphula ceratites	—	T	75	65	2	—
Sphagnum lindbergii	T	—	T	26	47	—
Sphagnum tenellum	—	T	18	102	17	—
Sphagnum imbricatum	—	—	—	—	625	—
Couverture moyenne des étages 90 %						
Arbres	51	36	—	—	—	—
Arbustes	74	75	53	53	27	38
Arbustes nains/herbacées	43	57	75	78	35	40
Bryophytes/lichens	85	83	67	93	99	95

**Pour chaque espèce, le nombre indiqué est la valeur de proéminence = (couverture moyenne) ($\sqrt{\text{fréquence}}$). Seules les espèces dont la valeur de proéminence est supérieure ou égale à 25 dans au moins une forme sont incluses dans ce tableau. La lettre T (trace) indique un valeur de proéminence inférieure à 1.*

***Le nombre de sites échantillonnés est donné entre parenthèses.*

impexa et *Cladina rangiferina*. *Sphagnum papillosum* et *Sphagnum imbricatum* forment les monticules plus humides alors que *Sphagnum tenellum*, *Sphagnum compactum* et *Sphagnum lindbergii* apparaissent dans les dépressions les plus humides, souvent submergées en bordure des étangs. Quoique l'association *Siphula ceratites–Gymnocolea inflata* se trouve souvent dans les régions basses et humides, elle n'est généralement pas aussi bien développée et remarquable que dans les bogs dont la couverture tourbeuse est peu épaisse.

De petits étangs peu profonds de 1 à 4 m² de superficie et de 10 à 50 cm de profondeur sont disséminés un peu partout dans ces bogs inclinés profonds. Ils forment souvent une série de terrasses de forme circulaire ou en forme de larme, maintenues par des barrages de *Sphagnum* spp. et de *Scirpus caespitosus* qui croissent dans la tourbe fibrique.

Les bogs inclinés ombrotrophes à accumulation de tourbe à sphaignes relativement épaisse (de plus de 1 à 2 m) sont courants sur les pentes plus douces et en terrain généralement moins exposé que celui où apparaissent les bogs inclinés minérotrophes peu profonds. Les sols sont d'habitude des mésisols, les fibrisols et les humisols étant moins courants. Ils reposent généralement sur l'assise rocheuse, moins fréquemment sur de la moraine glaciaire ou des dépôts fluviatiles. L'épaisseur de la tourbe peut varier considérablement (de 50 cm à plus de 400 cm) sur de courtes distances dans le cas des bogs inclinés plus profonds. La grande variabilité de l'épaisseur tourbeuse donne à penser que des dépressions humides dans l'assise rocheuse sous-jacente pourraient avoir servi comme point de départ pour l'accumulation de la tourbe et la formation du bog. À mesure que les bogs ont pris de l'expansion et se sont fusionnés sur des terrains plus élevés et mieux drainés, l'accumulation de tourbe secondaire et tertiaire a masqué la topographie sous-jacente. On présente aux tableaux 8–7 et 8–9 les caractéristiques chimiques des sols et de l'eau des bogs inclinés de type arbustif supérieur.

Type de bogs arbustif supérieur, phase peu profonde : Cette terre humide représente une transition entre le bog minérotrophe et le fen et se caractérise par des lichens et par des espèces d'arbres qui croissent sous forme d'arbustes nains de moins de 2 m de hauteur (figure 8–16). Le pin tordu, le cyprès jaune et le thuya de l'Ouest dominent, alors que la pruche de l'Ouest et la pruche de Mertens sont des espèces secondaires.

Tableau 8–9. Chimie de l'eau* de quelques bogs inclinés arbustifs, phases profonde et peu profonde, région de terres humides océanique pacifique

Type de bog	Nature de l'assise rocheuse**	Nombre d'échantillons***	Moyenne de pH	Analyses (ppm)								
				O_2	NH_4	NO_3	PO_4	Ca	Mg	K	SiO_2	Cl
Bog incliné, phase profonde	I	9	4.7	2.4	0.57	0.45	0.06	0.3	0.14	0.7	0.9	2.6
Bog incliné, phase profonde	I	9	4.5	4.3	0.45	0.99	0.11	0.2	0.15	0.8	1.3	1.6
Bog incliné, phase profonde	I	9	4.6	1.9	0.26	0.58	0.07	0.2	0.12	0.05	1.3	1.5
Bog incliné, phase peu profonde	M	2	5.6	—	0.37	2.94	0.09	3.4	0.43	1.6	2.3	1.8

** Les échantillons d'eau proviennent de piézomètres (tuyaux de plastique perforés) installés jusqu'à une profondeur de 40 à 80 cm dans les sols des bogs. Les données correspondent à la moyenne des échantillons prélevés par chacun des piézomètres périodiquement du 21 mai au 12 octobre 1979 (voir note ***). Les échantillons ont été prélevés par l'auteur principal. Les analyses ont été réalisées au Laboratoire d'écologie forestières de la faculté de Foresterie de l'Université de Colombie-Britannique.*

*** Les types d'assise rocheuse sont les suivantes : I, ignée (surtout diorite quartzique); M, roches métamorphiques renfermant de la hornblende, de la biotite, du grenat, des schistes et des gneiss à amphibolite, des schistes feldspathiques à quartz en couches, et du quartzite impur.*

**** Les échantillons représentent des prises répétées dans un piézomètre installé dans chacun des bogs échantillonés. Dans les bogs situés sur de l'assise rocheuse ignée, les échantillons ont été prélevés environ toutes les deux semaines du 21 mai au 6 septembre et un échantillon supplémentaire a été prélevé le 10 octobre 1979. Dans le bog à la forêt claire et le bog topogène plat reposant sur une assise rocheuse métamorphique, les échantillons ont été prélevés le 22 juin, le 3 août et le 12 octobre 1979, et dans le bog peu profond, le 22 juin et le 9 août 1979.*

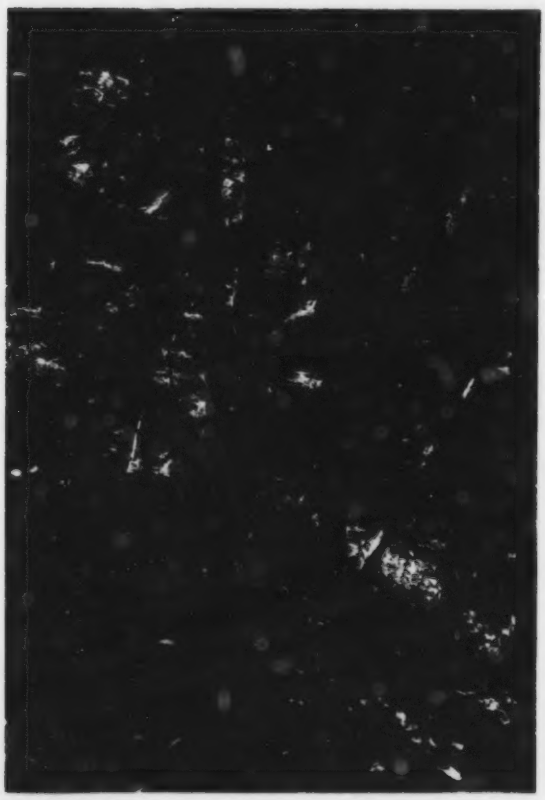


Figure 8–13.

Bog incliné boisé de conifères, phase de forêt sur l'île McCauley, Colombie-Britannique. La végétation est composée de Chamaecyparis nootkatensis–Thuja plicata/Gaultheria shallon/Blechnum spicant–Veratrum viride/Sphagnum *spp. L'intervalle entre les jalons est de 25 cm.*

On retrouve fréquemment les arbustes suivants : *Myrica gale, Juniperus communis, Ledum groenlandicum, Kalmia polifolia, Vaccinium uliginosum* et *Vaccinium caespitosum.*

Les laîches et les joncs dominent l'étage des herbacées (tableau 8–8). *Scirpus caespitosus* est de loin l'espèce dominante. La présence ou l'abondance relative de plusieurs herbacées, notamment *Plantago macrocarpa, Geum calthifolium, Erigeron peregrinus, Apargidium boreale, Dodecatheon jeffreyi* et *Deschampsia caespitosa,* indique un régime nutritif plus riche dans les bogs inclinés peu profonds que dans les bogs inclinés ombrotropohes plus profonds. *Menyanthes trifoliata, Nuphar polysepalum, Scheuchzeria palustris* et *Juncus oreganus* sont des plantes aquatiques courantes dans les plus grands étangs.

La rareté relative de *Sphagnum* spp. dans ces bogs inclinés peu profonds est une autre caractéristique qui les distingue des bogs plus profonds. On trouve les mêmes espèces (tableau 8–8) mais d'habitude seulement en petits monticules ou plaques localisés. Les bryophytes caractéristiques sont : *Campylopus atrovirens, Rhacomitrium lanuginosum, Pleurozia purpurea, Herberta aduncus* et *Mylia taylori.* Les lichens abondent partout; parmi les espèces courantes il y a *Cladina impexa, Cladina rangiferina, Cladonia gracilis, Cladonia pseudostellata* et *Siphula ceratites.* De grands tapis blancs de *Siphula ceratites* (souvent en association avec l'hépatique *Gymnocolea inflata*) dans les dépressions humides et en bordure des étangs sont caractéristiques de la plupart des bogs inclinés.

Ces terres humides occupent de vastes étendues le long de la côte extérieure exposée sur des terres minérales variant de plates à très inclinées parfois et sans accumulation de tourbe ou très peu. Des plaques de sol minéral exposé sont courantes et des affleure-

Figure 8–14.
(A) Bog incliné boisé de conifères, phase de forêt claire, passage Gunboat près de Bella Coola. La végétation comporte Pinus contorta–Chamaecyparis nootkatensis/Gaultheria shallon/Fauria crista-galli– Scirpus caespitosus/Sphagnum rubellum. *L'intervalle entre les jalons est de 25 cm. (B) Bog incliné à pins à feuilles tordues, péninsule Brooks, Colombie-Britannique.*

ments rocheux, des roches et des gros blocs parsèment la surface des bogs inclinés peu profonds. L'eau libre est concentrée dans un réseau de petits ruisseaux et de petis étangs, peu profonds, souvent en terrasses.

Les sols sont un complexe de gleysols mal drainés et de gleysols humiques, de podzols humiques et ferro-humiques (souvent gleyifiés), de folisols, de régosols humiques et d'humisols et de mésisols peu profonds. Les matériaux minéraux originels sont le plus souvent dérivés de l'assise rocheuse qui peut être le produit d'une altération *in situ* (saprolite) ou constituer du matériel soliflué. Les accumulations organiques sont discontinues et varient d'horizons L, F ou H peu profonds (de 5 cm) à des horizons Om et Oh plus profonds (de 50 cm). Les horizons Ahg formés à partir d'abondantes racines de laîches (essentiellement de *Scirpus caespitosus*) sont courants (classification des horizons de sols du Comité canadien de pédologie, 1978).

Il est difficile de généraliser en ce qui concerne les rapports de succession entre les deux phases d'un bog incliné de type arbustif supérieur. Certains bogs minérotrophes peu profonds présentent des tendances, telle une augmentation de la couverture de *Sphagnum* spp. et une accumulation tourbeuse plus épaisse, qui indiqueraient une évolution vers la formation d'un bog ombrotrophe profond. D'autres ne présentent pas de telles tendances et semblent être demeurée inchangée depuis des milliers d'années, peut-être à cause de l'importante érosion par l'eau et le vent qui est très courante dans les sites exposés de la côte extérieure.

Bogs plats

Les bogs de *Sphagnum* à surface plane ou quasi-plane recouvrent de grandes étendues des basses terres mal drainées de la Reine-Charlotte. Bien qu'on les classe ici dans la catégorie des bogs plats, leur surface dépasse légèrement le niveau du terrain adjacent. En conséquence, plusieurs de ces bogs semblent évoluer vers une forme bombée et présentent donc une micro-topographie à bosses et à creux plus typique des bogs bombés. Cela peut bien être relié à l'âge ou au stade d'évolution des bogs.

Figure 8–15.
Bog incliné de type arbustif supérieur, phase profonde, entouré d'un bog incliné à conifères près de Prince-Rupert, Colombie-Britannique, à une altitude de 60 m. La végétation comprend Pinus contorta– *arbustes d'éricacés*/Scirpus caespitosus/Sphagnum *spp.– lichen spp.*

Figure 8–16.
Bog incliné de type arbustif supérieur, phase peu profonde, près de la baie Monk, île Princess Royal, Colombie-Britannique, à une altitude de 40 m. La végétation comprend Juniperus communis– Myrica gale/Scirpus caespitosus/Campylopus atrovirens– Siphula ceratites– Rhacomitrium lanuginosum. *À remarquer : les affleurements de roche.*

Les sols caractéristiques de ces bogs sont des mésisols comprenant de la tourbe de *Sphagnum* fibrique à la surface et de la tourbe mésoique et humique plus décomposée en profondeur. La tourbe atteint près de 1.5 m et se compose de tourbe fibreuse de *Sphagnum* se mêlant graduellement à de la tourbe mésique ou humique, quoiqu'à Masset en Colombie-Britannique la tourbe soit épaisse de 8 m (Heusser, 1960). La tourbe repose sur des matériaux minéraux de texture et d'origine diverses (moraine glaciaire, alluvions, dépôts marins). La couverture organique varie en épaisseur, mais est généralement de 100 à 150 cm. L'irrégularité de la surface est due aux nombreux monceaux de *Sphagnum* et les petites dépressions remplies d'eau sont communes.

Le pin tordu et le thuya de l'Ouest sont des espèces d'arbres caractéristiques qui apparaissent sous forme d'arbustes ou d'arbres rabougris. Le cèdre jaune, espèce courante des bogs inclinés, est rare ou absent dans les bogs des basses terres de la Reine-Charlotte. D'autes arbustes courants sont *Juniperus communis*, *Ledum groenlandicum*, *Kalmia microphylla* ssp. *occidentalis* et *Gaultheria shallon* (tableau 8–8).

Les herbes et les arbustes nains abondent. *Carex pauciflora*, *Carex obnupta*, *Carex pluriflora*, *Eriophorum angustifolium* et *Podagrostis aequivalvis* sont courants. Plusieurs espèces de *Sphagnum* dominent l'étage de bryophytes, notamment *Sphagnum recurvum*, *Sphagnum girgensohnii*, *Sphagnum fuscum* et *Sphagnum capillaceum*. *Pleurozium schreberi* est également courant.

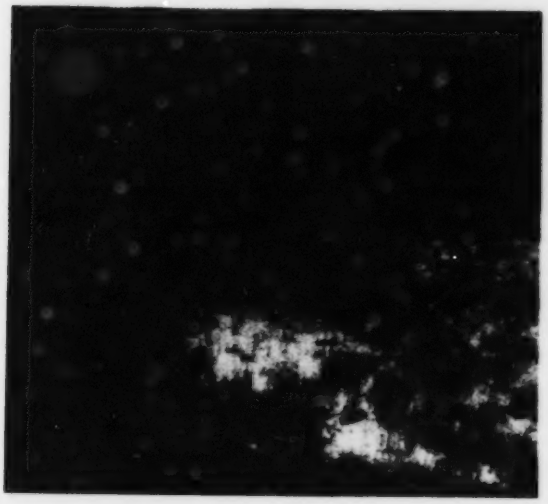


Figure 8–17.
Bog bombé à Sphagnum *spp. et lande à pin albicaule au second plan. Bog Burns, basses terres de Fraser, Colombie-Britannique.*

Bogs bombés

Les bogs bombés (figure 8–17) occupent une vaste superficie dans les basses terres du Fraser, mais apparaissent aussi localement dans d'autres régions de basses terres, notamment dans les basses terres de la Reine-Charlotte. On les retrouve dans des dépressions bien marquées ou sur des terrains plats; ils se composent de tourbe de *Sphagnum* reposant sur de la tourbe à laîches et leur centre soulevé est entouré, au moins en partie, d'une dépression. D'après l'analyse stratigraphique de la tourbe, ces bogs bombés auraient d'abord été des bogs plats ou de bassin dont l'accumulation secondaire de tourbe aurait élevé la surface au-dessus de la nappe phréatique. Toutefois, de nombreux bogs bombés, paticulièrement le long de la côte nord, représentent une forme transitoire vers d'autres formes de terres humides, comme des bogs inclinés et de bassin; des analyses stratigraphiques détaillées sont nécessaires pour pouvoir les reconnaître.

Bien que l'épaisseur de la tourbe soit variable, elle semble être plus grande dans le sud que dans le nord.

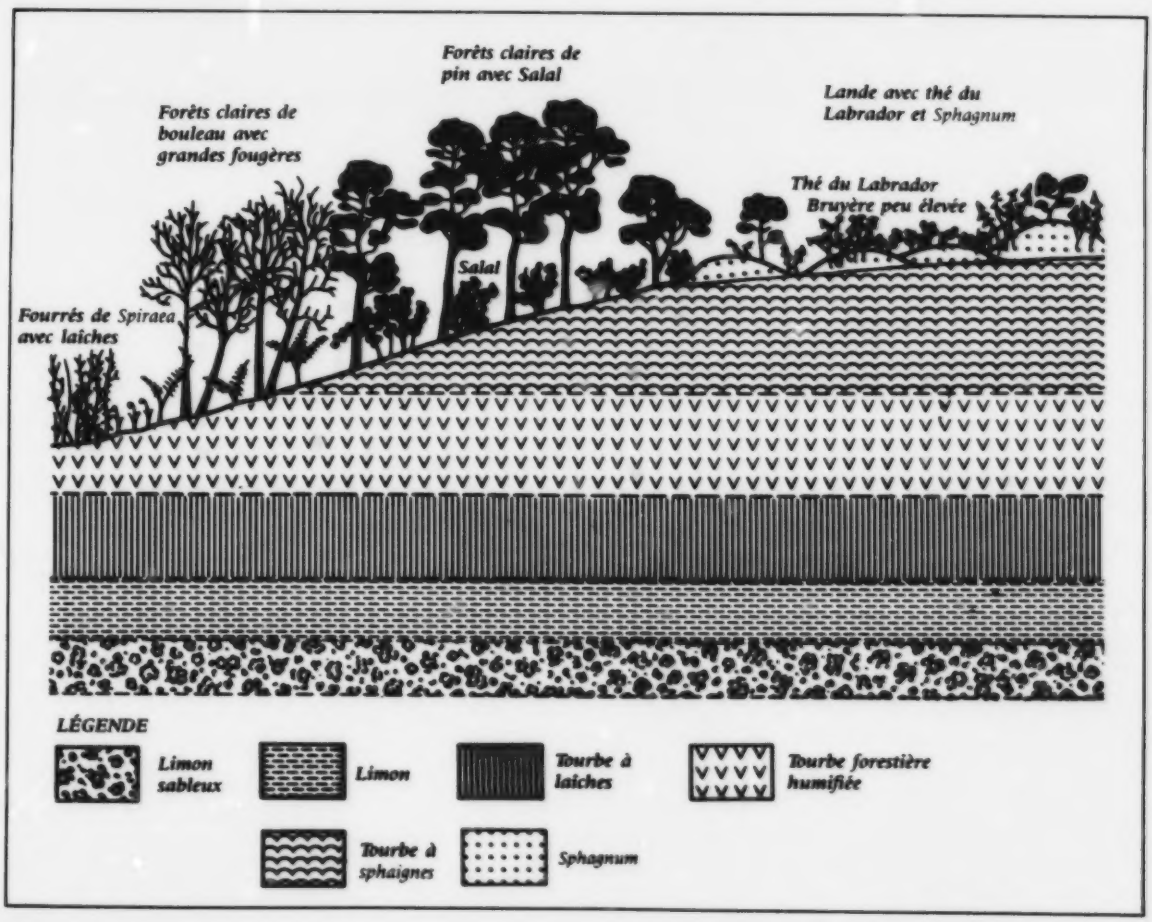


Figure 8–18.
Végétation et stratigraphie d'un bog bombé. Bog Burns, basses terres du Fraser, Colombie-Britannique.

Tableau 8–10. Données chimiques sur des sols de bogs bombés de la région de terres humides tempérées pacifique

Type de sol organique et horizon	Profondeur (cm)	Texture	pH		Conductivité (mS/cm)	N total (%)	Rapport C/N	Phosphore*		Cations échangeables (mé/100 g)					Saturation en base (%)
			H_2O	0.01 M $CaCl_2$				P1 (ppm)	P2 (ppm)	Ca	Mg	K	Na	CEC	
Fibrisol à sphaignes															
Of1	0–20	fibrique	4.0	2.8	0.2	0.63	106.1	17.2	—	12.26	5.39	2.16	0.78	158.5	13.0
Of2	20–33	fibrique	3.7	2.7	0.1	0.92	74.6	7.2	7.2	5.30	7.71	0.39	0.46	163.2	8.5
Of3	33–63	fibrique	3.6	2.6	0.1	0.80	84.8	2.4	2.4	3.55	7.33	0.09	0.57	172.6	6.7
Of4	63–86	fibrique	3.8	2.8	0.9	0.68	100.1	7.8	10.4	5.73	9.90	0.16	0.89	178.5	9.4
Of5	86–119	fibrique	4.1	2.9	—	0.70	84.5	5.0	5.0	—	—	—	—	—	—
Of6	119–165	fibrique	4.2	3.0	—	1.04	70.7	1.3	7.8	—	—	—	—	—	—
Mésisol terrique															
Omp	0–15	mesique	4.3	3.9	1.2	2.97	24.9	114.7	134.7	42.39	8.23	0.32	0.17	146.4	34.9
Om1	15–41	mesique	4.0	3.7	0.9	3.13	24.6	22.4	28.7	27.43	4.74	0.15	0.22	139.2	23.4
Om2	41–61	mesique	4.3	3.8	0.2	2.75	27.3	10.0	14.3	12.53	2.38	0.05	0.13	60.6	41.4
Om3	61–89	mesique	4.6	4.1	0.5	2.08	33.1	3.8	6.3	—	—	—	—	—	—
Cg	89+	argile limoneuse	4.3	4.1	1.6	0.13	24.3	0.5	111.1	—	—	—	—	—	—
Mésisol typique															
Of	0–23	fibrique	3.3	2.8	0.3	1.28	54.5	35.1	40.0	5.43	16.30	0.69	0.77	178.5	13.0
Om1	23–41	mesique	3.4	2.8	0.3	1.25	59.8	8.8	13.2	2.87	10.77	0.19	1.04	173.9	14.3
Om2	41–74	mesique	3.3	2.9	0.3	1.16	66.3	9.7	17.0	2.91	9.47	0.17	0.97	164.7	8.2
Om3	74–97	mesique	3.6	3.0	0.3	1.13	65.6	0	0	—	—	—	—	—	—
Om4	97–127	mesique	4.2	3.7	0.7	2.27	31.3	0	0	—	—	—	—	—	—
Om5	127–165	mesique	4.5	4.2	2.6	1.87	32.9	14.4	18.0	—	—	—	—	—	—

Source : Luttmerding (1980).

**P1 et P2 correspondent respectivement au phosphore disponible par la méthode de Bray et par une version de la méthode de Bray modifiée par une réduction d'acide ascorbique.*

Le bog Burns, représentatif des bogs des basses terres du Fraser, se compose d'environ 2 m de tourbe de *Sphagnum* fibreuse reposant sur 1 m de tourbe forestière et 1.2 m de tourbe à laiches (Hebda, 1977; figure 8–18). La tourbe de *Sphagnum* fibreuse s'amincit souvent sur le pourtour des bogs bombés. La surface inférieure de la tourbe à laiches sous-jacente suit les contours du bassin, mais la surface supérieure relativement plane est contrôlée par la nappe phréatique. La surface de ces bogs est recouverte de creux et de touffes de *Sphagnum*. Ces bogs ne présentent généralement pas de caractéristiques particulières dans le sud, bien que de petits étangs irréguliers de 2 à 20 m de long s'y trouvent parfois.

Ces bogs sont extrêmement acides (pH de 2.6 à 4.1), ils ont une teneur faible en éléments nutritifs, surtout dans les couches tourbeuses supérieures, et une teneur élevée en matière organique (tableau 8–10). La teneur totale en azote (N) est plus élevée dans la tourbe marginale plus humifiée, ce qui réduit le rapport entre carbone (C) et azote. Cela pourrait expliquer les différences de végétation entre la tourbe marginale et le bog.

La végétation des bogs bombés est du type arbustif inférieur, *Ledum groenlandicum* et le pin tordu rabougri étant les espèces les plus caractéristiques (figure 8–19). Au nombre des espèces associées on trouve d'habitude *Vaccinium myrtilloides* et *Gaultheria shallon* dans le sud et *Juniperus communis*, *Kalmia polifolia*, *Empetrum nigrum* et *Gaultheria shallon* dans le nord. Les herbacées sont rares dans les bogs bombés du sud, mais *Carex pauciflora*, *Carex obnupta*, *Carex pluriflora*,

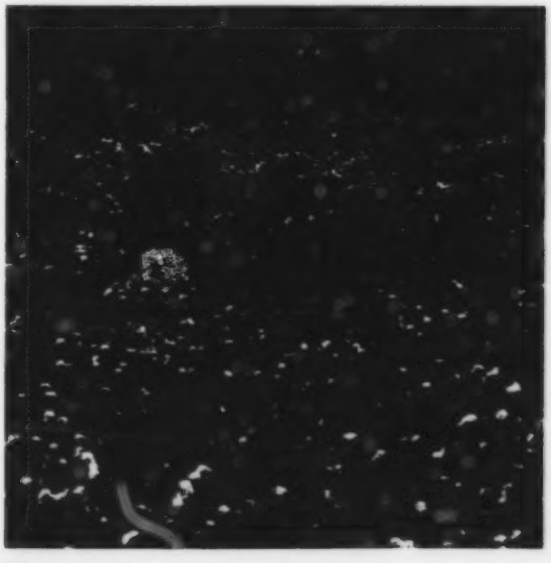


Figure 8–19.
Bog bombé, Bog Burns, basses terres du Fraser, Colombie-Britannique. Lande à Ledum groenlandicum.

Eriophorum angustifolium et *Podagrostis aequivalvis* sont courants dans le nord, reflétant un stade de développement antérieur. Les bryophytes abondent notamment *Sphagnum rubellum*, *Sphagnum girgensohnii*, *Sphagnum fuscum* et *Sphagnum fallax*. *Pleurozium schreberi* apparaît couramment dans les bogs du nord et *Polytrichum juniperinum*, *Dicranum scoparium*, *Rhytidiadelphus* spp. et *Stokesiella oregana* sont fréquents dans le sud. Les lichens, surtout *Cladina* spp. et *Cladonia* spp. apparaissent couramment dans les bogs plus secs du sud.

Dans une phase humide des bogs bombés du sud, on retrouve *Vaccinium uliginosum*, *Kalmia polifolia*, *Andromeda polifolia*, *Rhynchospora alba* et *Eriophorum chamissonis* croissant parmi les monticules de *Sphagnum*. *Sphagnum rubellum* ou *Sphagnum fuscum* forment les monticules et *Sphagnum tenellum*, *Sphagnum fallax* et *Sphagnum papillosum* dominent les côtés plus humides et les dépressions entre les monticules. On retrouve sur les monticules *Oxycoccus microcarpus*, *Rubus chamaemorus*, *Drosera rotundifolia*, *Cladina impexa* et *Cladina rangiferina*. Cette phase humide des bogs bombés était très courante dans les basses terres du Fraser avant que ne surviennent le drainage, des incendies et l'exploitation de la tourbe.

Deux sortes de boisés apparaissent à la périphérie des bogs bombés. Toutes deux sont considérées comme étant d'origine récente (Hebda et Biggs, 1981). L'une comporte des pins tordus de plus de 4 m de hauteur et un sous-bois dominé par *Ledum groenlandicum*, *Gaultheria shallon* et *Pteridium aquilinum*. *Trientalis europaea*, *Cornus canadensis*, *Sphagnum rubellum*, *Stokesiella oregana*, *Dicranum scoparium* et *Polytrichum juniperinum* en forment d'habitude la couverture végétale superficielle. L'autre sorte est un boisé de bouleaux comportant des peuplements ouverts à denses de bouleaux blancs (*Betula papyrifera*) au-dessus d'une couche arbustive de *Spiraea douglasii* mélangée de *Pteridium aquilinum*, très abondant. La région de la dépression entourant les bogs bombés est souvent recouverte de fourrés de *Spiraea douglasii* mêlés à des plaques de *Carex* spp.

Marécages de la côte du Pacifique

Marécages de bassin

Les marécages sont communs dans toute la région de terres humides océanique pacifique, mais sont généralement très localisés et ne dominent jamais le paysage comme le font les bogs. Dans la région de terres humides tempérée pacifique, les marécages sont généralement confinés à des petits bassins. De nombreux marécages semblent en cours de progression ou de dégradation vers des types transitoires de bogs boisés; en effet, avec l'âge, la stagnation et l'humification, la productivité des arbres diminue et les sols organiques commencent à se développer (figure 8–20).

Les marécages à symplocarpes fétides (*Lysichitum americanum*) ont une teneur en éléments nutritifs qui varie de moyennement faible à élevée. L'abondance et la vigueur de cette espèce, quand il n'a pas été trop brouté, indiquent l'état nutritif du marécage. Les marécages les plus florissants présentent une couverture pratiquement continue de symplocarpes atteignant la hauteur de la taille et un substrat organique et minéral foncé, riche et boueux. Les marécages les moins florissants se composent essentiellement de monticules de bois et d'autres matières organiques en décomposition où poussent *Rhytidiadelphus loreus*, *Hylocomium splendens*, quelques *Sphagnum* spp., des arbres rabougris ainsi que des arbustes et des herbes; on retrouve de petits plants de symplocarpes dans les creux humides entre les monticules.

La croissance des arbres présente une bonne correspondance avec l'état nutritif du marécage, bien que la productivité soit très limitée par la hauteur de la nappe phréatique et par la mauvaise aération du sol. Des épinettes ou des cèdres de taille moyenne dominent les meilleurs peuplements alors que la pruche rabougrie domine dans les marécages à faible teneur en éléments nutritifs. Avec le temps, les marécages productifs à cèdre–épinette/symplocarpe fétide se remplissent peu à peu de bois et d'autres matières organiques en décomposition jusqu'à ce qu'on y retrouve des associations pruche/bleuets/mousse de faible qualité, situées au-dessus de la nappe phréatique.

Le marécage de bassin le plus courant dans les régions de terres humides de la côte du Pacifique est du type arbustif supérieur.

Type arbustif supérieur : Les marécages à arbustes sont plus abondants dans la région de terres humides tempérée pacifique que dans la région de terres humides océanique pacifique, en grande partie à cause du rabaissement estival de la nappe phréatique qui permet une plus grande décomposition de la matière organique. Les grands arbustes dominants typiques comprennent *Pyrus fusca*, *Spiraea douglasii*, *Rosa nutkana*, *Cornus stolonifera*, *Lonicera involucrata*, *Crataegus douglasii* et plusieurs espèces de *Salix*. Ces marécages apparaissent souvent en bordure de bogs de bassin riches en éléments nutritifs qui proviennent des pentes adjacentes (Moore et Bellamy, 1974). L'endiguement, le drainage et l'agriculture ont beaucoup réduit l'étendue de ces marécages. Des fourrés de *Spiraea* ou de *Salix–Spiraea* croissent dans la dépression entourant les bogs bombés dans le delta du Fraser là où les eaux souterraines s'écoulent durant la saison humide, mais où la nappe phréatique est basse durant la saison sèche (Hebda et Biggs, 1981).

Marécages de ruisseau

Les marécages de ruisseau sont fréquents le long des cours d'eau à méandres en terrain plat à légèrement incliné, dans le fond des vallées, dans les dépressions peu profondes et au bas des pentes (figure 8–21). Les sols caractéristiques sont les gleysols et les mésisols. Le tableau 8–11 présente des données chimiques sur les matériaux organiques d'un marécage de ruisseau des environs de Prince-Rupert en Colombie-Britannique.

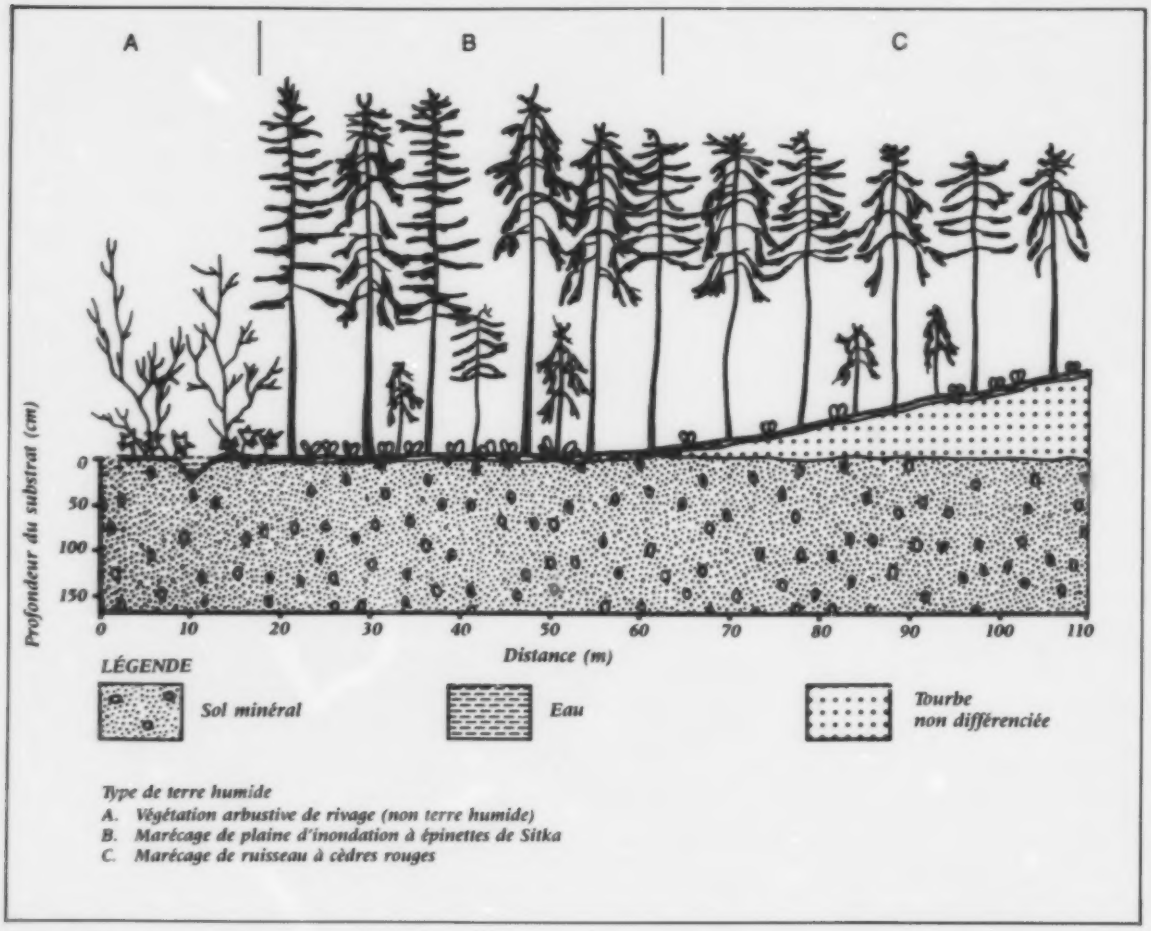


Figure 8–20.
Profil schématique d'un marécage au pied du Mont Hayes, Prince-Rupert, Colombie-Britannique.

Le thuya de l'Ouest est d'habitude l'espèce dominante mais la pruche de l'Ouest, l'épinette de Sitka et le sapin de Vancouver (dans la région de terres humides tempérée pacifique) et l'aulne de l'Oregon sont fréquents mais généralement secondaires. La croissance des arbres est relativement faible, mais le thuya de l'Ouest, l'épinette et le sapin de Vancouver tolèrent les conditions semi-stagnantes et y poussent beaucoup mieux que la pruche qui apparaît surtout sur des monticules organiques surélevés.

Les arbustes ne sont généralement pas abondants (tableau 8–12), mais comportent d'habitude *Rubus spectabilis, Vaccinium alaskaense, Vaccinium parvifolium, Menziesia ferruginea* et *Gaultheria shallon*. Tous ces arbustes, sauf *Rubus spectabilis*, sont généralement associés à des monticules de bois et de matières organiques en décomposition. Cette forme de marécage comporte dans son évolution typique une couverture florissante de *Lysichitum americanum*, associé souvent à *Athyrium filix-femina* dans l'étage herbacé. Le broutage excessif par les cerfs a grandement réduit la couverture herbacée (particulierement *Lysichitum americanum*) des marécages à certains endroits, surtout sur les îles de la Reine-Charlotte. Les marécages dégradés ou plus humifiés présentent également une diminution de l'abondance et de la vigueur des herbes.

Les bryophytes typiques se divisent en deux communautés distinctes. *Conocephalum conicum, Pellia neesiana, Leucolepis menziesii* et *Sphagnum* spp. (tels *Sphagnum girgensohnii* et *Sphagnum papillosum*) dominent dans les dépressions bourbeuses, alors que *Rhizomnium glabrescens, Rhizomnium perssonii, Hylocomium splendens, Rhytidiadelphus loreus, Stokesiella oregana* et *Stokesiella praelonga* occupent les monticules organiques mieux drainés.

Marécages de plaine d'inondation

On ne retrouve les marécages de plaine d'inondation que sur les terrasses et les deltas fluviatiles mal drainés, c'est-à-dire, dans des fonds de vallées plats ou en pente très douce (figure 8–22). Leur hydrologie semble moins stagnante que celle des autres formes de marécages, ce qui entraîne une meilleure aération du sol, une teneur plus élevée en éléments nutritifs et

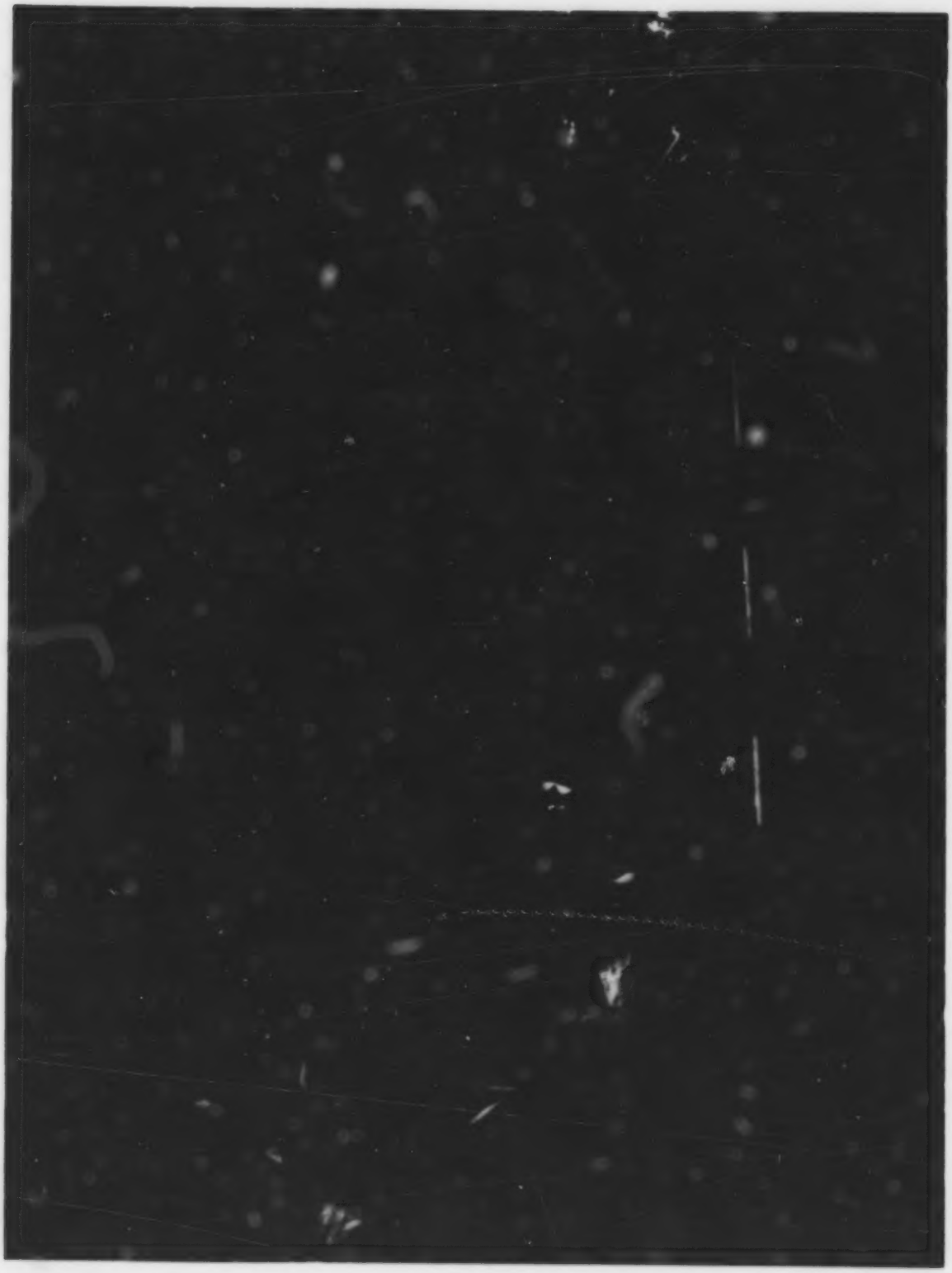


Figure 8–21.
Marécage de ruisseau des environs de Prince-Rupert, Colombie-Britannique, à une altitude de 10 m. La végétation comporte **Thuja plicata– Tsuga heterophylla/Lysichitum americanum.** *L'intervalle entre les jalons est de 25 cm.*

Tableau 8–11. Données chimiques sur un marécage de ruisseau et un marécage de plaine d'inondation* des environs de Prince-Rupert, Colombie-Britannique

Forme de terre humide	*Horizon*	*pH 1:2 .01 M $CaCl_2$*	*C (%)*	*H (%)*	*N (%)*	*Solution de pyrophosphate (%)*	*Cendres (%)*	*Fibres*		*Cations échangeables (mé/100 g)*				*Valeur calorifique (cal/g)*
								Non broyées (%)	*Broyées (%)*	*Ca*	*Mg*	*K*	*Al*	
Marécage de ruisseau	F**	4.2	19.7	2.68	0.67	19.0	60.9	—	—	15.54	3.36	1.98	1.67	2 166
	Om1	3.6	41.7	4.93	1.54	41.8	24.2	60	28	7.08	2.07	0.58	8.33	5 063
	Om2	3.3	48.3	5.33	1.41	33.9	10.7	50	10	11.16	2.76	0.48	7.66	5 427
	Om3	3.6	38.9	4.45	1.26	47.9	26.9	64	36	7.25	3.36	0.39	9.32	4 443
	Ahg	3.9	4.7	0.77	0.14	—	—	—	—	1.50	0.30	0.37	3.33	—
Marécage de plaine d'inondation	F**	4.0	19.1	2.63	0.80	18.9	65.4	—	—	9.00	1.58	1.36	2.99	2 064
	Ahg	4.0	8.4	1.38	0.48	—	—	—	—	3.78	0.69	0.60	4.66	—

*Analyses réalisées sous la surveillance de C. Tarnocai, Centre de recherches sur les terres, Ottawa.
**Voir Klinka et al. (1981).

une meilleure productivité des arbres. Les sols typiques sont des gleysols et des régosols humiques. Le tableau 8–11 présente des données chimiques sur les sols d'un marécage de plaine d'inondation des environs de Prince-Rupert en Colombie-Britannique.

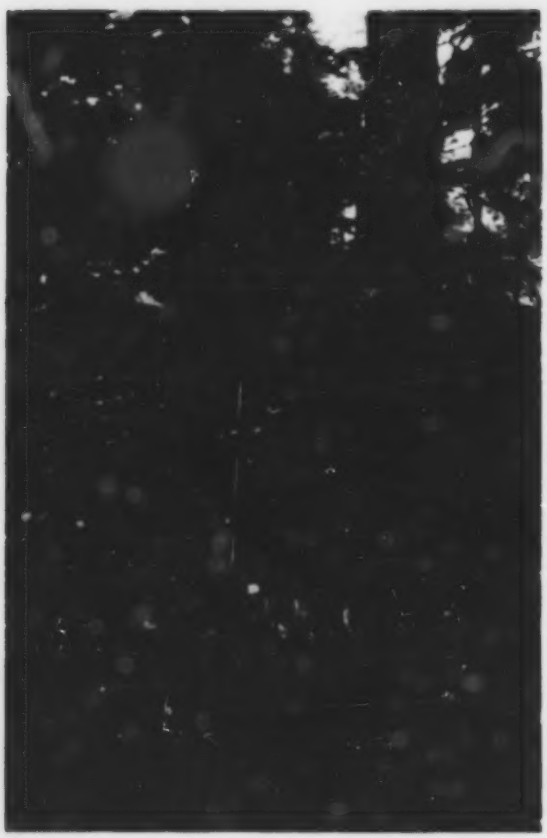


Figure 8–22.
Marécage de plaine d'inondation des environs de Prince-Rupert, Colombie-Britannique, à une altitude de 10 m. La végétation comporte Picea sitchensis/Lysichitum americanum. *L'intervalle entre les jalons est de 25 cm.*

Les peuplements forestiers des marécages de plaine d'inondation sont d'habitude épars avec un couvert inégal et irrégulier; les déracinements par le vent sont fréquents. L'épinette de Sitka et le thuya de l'Ouest dominent, alors que la pruche de l'Ouest et parfois le sapin gracieux forment un étage inférieur (tableau 8–12). L'aulne de l'Oregon apparaît généralement dans les éclaircies. L'épinette de Sitka domine d'habitude et croît beaucoup mieux dans ces marécages que dans les marécages de ruisseau.

Un étage arbustif moyennement bien développé présente une régénération d'arbres abondante (dominée par la pruche de l'Ouest) et des touffes parsemées de *Vaccinium alaskaense, Menziesia ferruginea, Rubus spectabilis, Cornus stolonifera* et *Oplopanax horridus*. *Lysichitum americanum* et *Maianthemum dilatatum* caractérisent l'étage des herbacées moyennement développé. L'étage de bryophytes inégal à bien développé comporte *Pellia neesiana, Conocephalum conicum, Leucolepis menziesii, Sphagnum girgensohnii, Sphagnum squarrosum* et *Rhizomnium glabrescens* dans les dépressions plus humides, périodiquement inondées, et *Rhytidiadelphus loreus, Hylocomium splendens, Stokesiella oregana* et *Stokesiella praelonga* dans les microsites élevés et plus secs.

Marécages sourceux

Les marécages sourceux sont typiques des hautes altitudes (généralement supérieures à 500 m) de la région de terres humides océanique pacifique. Le marécage sourceux est analogue au marécage de ruisseau des altitudes plus basses, mais la productivité des arbres y est faible et les peuplements forestiers sont plutôt broussailleux. Les forêts sont composées de mélange d'espèces de tous les âges, notamment du cyprès jaune, de la pruche de l'Ouest, de l'épinette de Sitka, de la pruche de Mertens, du sapin gracieux et du thuya de l'Ouest (tableau 8–12).

L'étage arbustif clairsemé des marécages sourceux se compose d'arbres rabougris ou en cours de régénération et de *Vaccinium* spp., *Ribes* spp. et *Menziesia ferruginea* épars. L'étage des herbacées, mal dévelop-

Tableau 8–12. Principales caractéristiques de la flore et des communautés végétales des formes de marécage situées dans le secteur nord de la région de terres humides océanique pacifique*

Étages et espèces	*Marécages de ruisseau : forêt de conifères cèdre rouge – pruche de l'ouest (20)***	*Marécages de plaine d'inondation : forêt de conifères épinette de Sitka – cèdre rouge (9)*	*Marécages sourceux : forêt de conifères cyprès jaune – pruche de l'ouest (4)*
Étage dominant			
Thuja plicata	211	150	4
Tsuga heterophylla	61	211	198
Chamaecyparis nootkatensis	48	—	142
Picea sitchensis	39	306	80
Alnus rubra	—	30	—
Tsuga mertensiana	—	—	103
Étage dominé			
Thuja plicata	70	28	2
Tsuga heterophylla	83	178	107
Chamaecyparis nootkatensis	32	—	11
Picea sitchensis	5	11	12
Alnus rubra	2	17	—
Tsuga mertensiana	—	—	28
Jeunes arbres et semis d'arbres/ arbres rabougris			
Tsuga heterophylla	198	220	112
Thuja plicata	45	25	10
Chamaecyparis nootkatensis	20	—	27
Picea sitchensis	20	30	10
Tsuga mertensiana	—	—	49
Arbustes			
Menziesia ferruginea	51	102	5
Gaultheria shallon	47	10	—
Vaccinium alaskaense	45	37	87
Vaccinium ovalifolium	30	12	8
Vaccinium parvifolium	18	97	16
Herbacées/arbustes nains			
Lysichitum americanum	73	108	T
Blechnum spicant	35	54	8
Cornus canadensis	30	46	1
Coptis asplenifolia	20	10	25
Rubus pedatus	17	28	1
Maianthemum dilatatum	11	25	—
Veratrum viride	6	2	33
Mousses, hépatiques et lichens			
Rhytidiadelphus loreus	212	191	283
Hylocomium splendens	191	180	99
Sphagnum girgensohnii	100	65	108
Pellia neesiana	60	22	37
Rhizomnium glabrescens	57	61	95
Stokesiella oregana	9	45	1
Leucolepis menziesii	7	29	22
Conocephalum conicum	7	26	44
Scapania bolanderi	6	34	41
Pogonatum alpinum	2	32	13
Couverture moyenne des étages (%)			
Arbres	65	75	58
Arbustes	48	27	15
Herbacées/arbustes nains	59	40	14
Bryophytes/lichens	90	85	88

**Pour chaque espèce, le nombre indiqué est la valeur de proéminence = (couverture moyenne) ($\sqrt{\text{fréquence}}$). Seules les espèces dont la valeur de proéminence est supérieure ou égale à 25 dans au moins un type sont incluses dans ce tableau. La lettre T (trace) indique une valeur de proéminence inférieure à 1.*

***Le nombre de sites échantillonnés est donné entre parenthèses.*

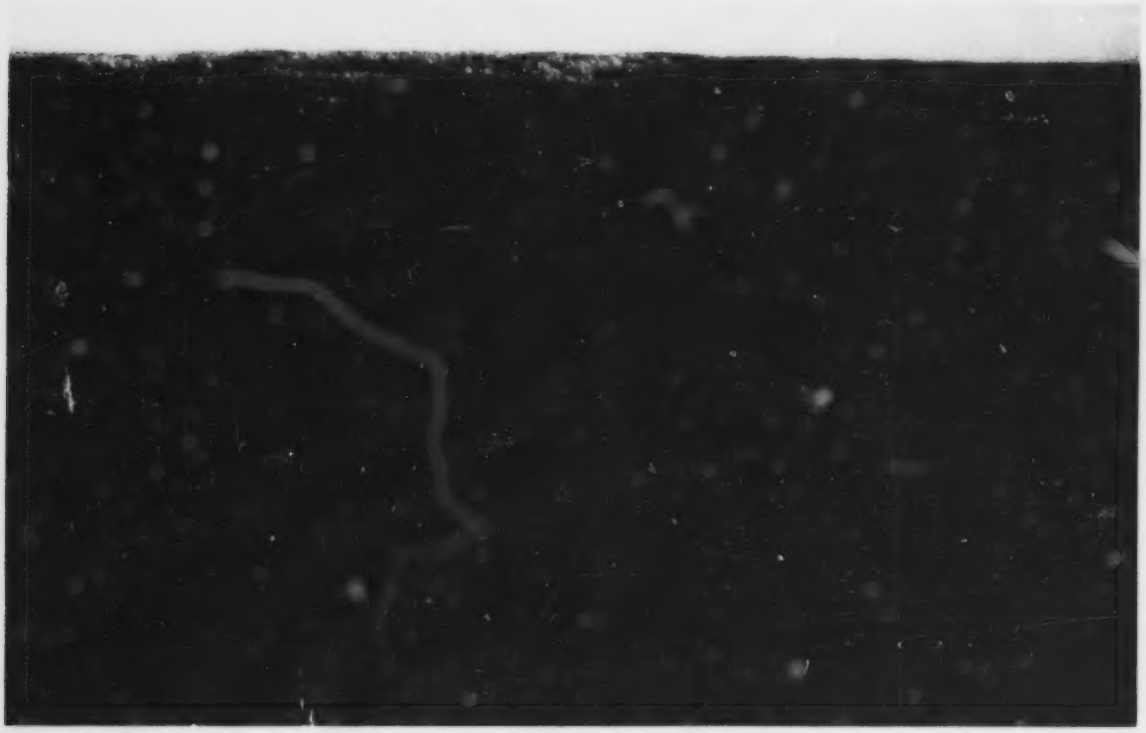


Figure 8–23.
Complexe de fens de ruisseau le long du cours supérieur de la rivière Tlell, île Graham, Colombie-Britannique, à une altitude de 60 m. Les régions plus foncées le long de la rivière sont composées essentiellement de fens arbustifs à Spiraea douglasii *et* Pyrus fusca *et les régions plus claires, de fens à* Carex sitchensis– Deschampsia caespitosa.

pé, comporte d'habitude *Veratrum viride, Coptis asplenifolia, Blechnum spicant* et *Carex anthoxanthea*. Il y a présence sporadique de *Lysichitum americanum*. L'étage de bryophytes bien développé se caractérise par des étendues d'hépatiques (*Conocephalum conicum, Pellia neesiana*) situées parmi des communautés de *Leucolepis menziesii*, de *Sphagnum girgensohnii*, de *Sphagnum squarrosum* et de *Rhizomnium* spp. dans les dépressions humides. Les microsites plus secs et plus élevés sont dominés par *Rhytidiadelphus loreus* et *Hylocomium splendens*.

Les marécages sourceux sont d'habitude petits et locaux et se trouvent dans des zones d'infiltration en terrain montagneux abrupt et sur des pentes concaves plus douces où de fins sédiments soliflués se sont accumulés soit dans les dépressions, soit derrière des crêtes ou des billes. Les sols sont typiquement des gleysols très mal drainés.

Fens de la côte du Pacifique

Fens de ruisseau et de rivage

Les fens sont peu fréquents et se trouvent en bordure de cours d'eau et de lacs (figure 8–23). Il semble que la plupart des sols de fens soient des mésisols ou des humisols et, dans certains cas (d'habitude dans les fens de type arbustif supérieur), des régosols humiques. Le tableau 8–13 présente des données chimiques relatives à quatre fens des environs de Prince-Rupert en Colombie-Britannique. On a identifié (surtout d'après la végétation) deux types de fens (les types à laîches et arbustif supérieur) le long de la côte nord de la région de terres humides océanique pacifique.

Type à laîches : Les fens dominés par *Carex* comportent plusieurs associations végétales diverses identifiées d'apres l'espèce dominante. Une association de *Carex sitchensis* est courante et comporte souvent des peuplements monotypes de *Carex sitchensis*. Des associations de *Carex sitchensis–Deschampsia caespitosa* et de *Carex sitchensis–Carex obnupta* se trouvent souvent mélangées à la première association décrite. L'association *Carex pluriflora–Menyanthes trifoliata* est relativement courante, non seulement dans les quelques grands complexes de fens à laîches qui existent, mais aussi dans le système d'étangs de bogs et de ruisseaux qui divise les grands ensembles de bogs inclinés. Cette association occupe les parois ou les fonds bourbeux des étangs et des petits ruisseaux. Une association de *Carex obnupta–Carex sitchensis–Calamagrostis nutkaensis* forme occasionnellement une bande dense le long des plages supérieures des plus grands lacs. Une association de *Carex canescens–Carex exsiccata–Carex phyllomanica–Eriophorum chamissonis* caractérise les fens des dépressions allongées situées entre les crêtes des

Tableau 8–13. Données chimiques* sur certains fens de la côte du Pacifique dans les environs de Prince-Rupert, Colombie-Britannique

Type de terre humide	Horizon	pH 1:2 .01 M $CaCl_2$	C (%)	H (%)	N (%)	Solution de pyrophosphate (%)	Cendres (%)	Fibres		Cations échangeables (mé/100 g)				Valeur calorifique (cal/g)
								Non broyées (%)	Broyées (%)	Ca	Mg	K	Al	
Fen à laiches	Om	3.9	12.9	1.88	0.58	17.7	77.2	56	28	5.28	1.48	0.74	3.66	2 147
	Ahg	3.9	2.9	0.50	0.07	—	94.2	—	—	1.98	0.49	0.40	1.33	—
	II Ahg	3.8	6.7	0.99	0.22	—	86.8	—	—	3.60	0.79	0.42	3.33	—
Fen à laiches	Om1	4.2	31.1	4.06	1.33	33.8	35.9	50	32	6.96	4.05	1.53	2.00	3 676
	Om2	3.0	49.6	5.94	1.70	30.4	4.7	72	30	3.18	2.66	0.59	5.66	5 718
	Oh	3.1	36.6	6.43	1.29	63.2	14.0	52	10	2.88	1.18	0.56	10.70	3 972
	Om3	3.6	29.8	3.75	1.25	90.3	44.3	68	34	2.10	0.30	0.38	9.66	3 708
Fen arbustif	Om1	3.7	30.8	4.83	1.30	24.0	33.0	80	20	12.60	4.44	1.05	6.99	2 598
	Of	3.2	47.0	5.93	1.15	7.3	4.2	94	54	23.40	9.87	0.89	5.00	5 185
	Om2	3.0	40.8	6.97	1.30	15.7	4.5	50	20	6.60	5.43	0.12	4.00	5 391
	Om3	3.0	46.4	5.85	1.27	28.3	10.6	48	20	—	—	—	—	5 199
	Oh1	3.0	36.9	6.65	1.09	30.0	11.0	18	6	3.72	2.66	0.42	8.66	4 038
	Oh2	3.5	37.0	4.02	0.99	90.3	31.7	42	10	2.46	0.99	0.43	13.65	3 439
Fen incliné à joncs	Of	3.4	42.5	5.84	0.89	12.1	7.9	100	92	—	—	—	—	5 142
	Om	3.1	46.8	5.88	1.96	28.8	12.5	68	20	1.62	1.18	0.64	5.66	5 341
	Oh1	—	54.7	7.68	2.15	63.2	4.3	70	14	—	—	—	—	5 532
	Oh2	—	44.0	5.20	1.28	300.0	20.8	46	2	3.30	0.89	0.44	11.30	5 611
	Cg	4.0	5.2	0.87	0.17	—	—	—	—	0.56	0.16	0.09	2.61	—

**Analyses réalisées sous la surveillance de C. Tarnocai, Centre de recherches sur les terres, Ottawa.*

anciennes plages sur les basses terres de la chaîne de montagnes de la Reine-Charlotte.

Type arbustif supérieur : Il y a trois grandes associations végétales de fens de type arbustif supérieur. L'association de *Pyrus fusca–Salix* spp./*Carex obnupta* présente un couvert arbustif ouvert (comportant *Spiraea douglasii*) et des arbres épars (épinettes de Sitka et pins tordus). Ces fens bordent généralement les ruisseaux stagnants et se présentent parfois le long de dépressions latérales humides et de bourbiers alluviaux, notamment sur les deltas fluviaux. L'association de *Spiraea douglasii Carex sitchensis* représente un fen arbustif qui se développe le long de bourbiers et de cours d'eau à débit lent. Une association de *Myrica gale Carex sitchensis* occupe des habitats semblables et apparaît dans la bande arbustive supérieure de certaines terres humides saumâtres à marée.

Fens inclinés

La classification du fen incliné, en terrasses, qui apparaît généralement à des altitudes élevées (d'habitude supérieures à 500 m) et surtout dans la région de terres humides océanique pacifique, est essentiellement basée sur des considérations floristiques, bien que cette terre humide présente certaines caractéristiques d'un bog incliné, (voir les tableaux 8–7 et 8–13). Le fen incliné présente souvent une configuration réticulée ou en forme d'échelle de terrasses qui s'étagent sur des pentes moyennes à fortes (figure 8–24). Sur les terrasses, de petits étangs se forment derrière des barrages de tourbe surmontés principalement de *Scirpus caespitosus*. La matrice végétale qui contient les étangs est également dominée par *Scirpus caespitosus* et par des quantités variables de *Sphagnum* spp. (notamment *Sphagnum compactum, Sphagnum papillosum* et *Sphagnum imbricatum*). D'autres espèces typiques sont *Fauria crista-galli, Eriophorum angustifolium, Vaccinium uliginosum, Kalmia polifolia, Cladothamnus pyrolaeflorus, Podagrostis aequivalvis, Lycopodium sabinaefolium* var. *sitchense*,

Figure 8–24.
Fen incliné près du Mont Hayes, Prince-Rupert, Colombie-Britannique, à une altitude de 580 m. La végétation est composée de Scirpus caespitosus/Sphagnum compactum. *La terrasse représente probablement un étang rempli. L'intervalle entre les jalons est de 25 cm.*

Lycopodium inundatum, *Geum calthifolium*, *Dodecatheon jeffreyi*, *Drosera anglica*, *Drosera rotundifolia*, et *Coptis trifolia*. On ne trouve pas dans les fens inclinés les arbres rabougris et les arbustes typiques des bogs inclinés. Les étangs peu profonds contiennent souvent *Menyanthes trifoliata*, *Juncus oreganus* et, en bordure des étangs, *Sphagnum tenellum*.

Les sols typiques sont des mésisols composés essentiellement de tourbe dense à laîches. L'accumulation de matériaux soliflués et limniques a entraîné la création d'un type de tourbe détritique occupant les fonds des étangs. Cette tourbe sédimentaire amorphe et grasse subit un retrait considérable (jusqu'à 60 %) lorsque les étangs s'assèchent dans les rares périodes d'ensoleillement en été.

Dynamique des terres humides de la côte du Pacifique

Gradient hydrologique

L'examen des processus dynamiques de développement et de succession des terres humides peut se faire en fonction de trois caractéristiques interdépendantes de l'eau associés à ces terres humides : (a) la source d'eau, qui influe sur la teneur en anions et en cations, notamment de pH; (b) le débit, qui est directement proportionnel à l'apport en éléments nutritifs; et (c) la profondeur de la nappe phréatique, qui est fonction du degré d'aération et de décomposition à la surface de la terre humide.

On peut fonder un modèle simple des interrelations et du processus de succession entre les terres humides sur les modifications de la dominance ionique (Moore et Bellamy, 1974). Les types de terres humides sont liés au gradient hydrologique de la manière suivante :

(1) "rhéophile" : alimentée par l'eau souterraine régionale, dont l'anion prédominant est d'habitude le bicarbonate et le cation prédominant, le calcium;
(2) "de transition" : alimentée par l'eau souterraine locale et le ruissellement superficiel, dont l'anion prédominant est d'habitude le sulfate et le cation prédominant, le calcium;
(3) "ombrophile" : alimentée entièrement par l'eau de pluie, dont les ions prédominants sont d'habitude le sulfate et l'hydrogène.

Ce gradient conduit d'un fen à laîches riche en éléments nutritifs à un bog pauvre en éléments nutritifs et peut être assimilé à un gradient de teneur relative en ions et cations hydrogène. La plupart des terres humides de la côte du Pacifique ont un pH et une teneur en cations plutôt faibles et leurs débits varient de rapide à stagnant.

La position de la nappe phréatique a un rapport direct avec la quantité de matière organique qui peut s'accumuler. Le degré auquel la nappe phréatique s'abaisse durant les mois d'été secs et le taux de décomposition dans la couche aérée sont des facteurs d'importance qui sont déterminés en grande partie par le climat. Donc, les fluctuations de la nappe phréatique sont beaucoup plus prononcées dans le climat plus chaud et plus sec de la région de terres humides tempérée pacifique que dans le climat frais et humide de la région de terres humides océanique pacifique.

Processus de succession

La succession dans les terres humides côtières (à l'exception des marais salés) semble évoluer vers la formation de bogs de *Sphagnum*. Dans une hydrosérie normale, la matière organique s'accumule sous la nappe phréatique, isole peu à peu la surface de la terre humide de l'influence des eaux souterraines et favorise l'eau locale provenant de terrains organiques riches en ions hydrogène. Ce processus d'acidification accélère l'accumulation de matière organique et, sous ce climat frais et humide, finit par entraîner la formation de bogs de *Sphagnum*. L'accumulation de matière organique peut également débuter à la surface de la nappe phréatique dans des conditions de mauvais drainage en climat humide, ou sur le sol forestier dans des zones de drainage moyennement bon en milieu acide extrêmement pauvre en éléments nutritifs et sous un climat humide (c'est le processus de "paludification").

Dans une certaine mesure, les bogs de bassin et de rivage sont les produits de l'hydrosérie. Les bogs de rivage qui flottent à la bordure d'un lac sont souvent les précurseurs des bogs de bassin. Là, la matière organique s'accumule en bordure et la végétation du bog s'étend vers le bassin qu'elle finit par couvrir (Thompson *et al.*, 1927; Osvald, 1933; Wetzel, 1975). En termes de gradients hydrologiques, les bogs flottants se trouvent d'habitude dans de l'eau de pH moyen à faible, de faible débit, et possèdent une nappe phréatique élevée. Les associations végétales peuvent progresser directement dans l'eau libre sans qu'il n'y ait d'autre végétation de colonisation ou peuvent se développer sur une végétation colonisatrice flottante, comme *Potentilla palustris*, *Menyanthes trifoliata* et *Polygonum* spp. (Rigg, 1925). Si les conditions de croissance des mousses de *Sphagnum* et de la formation de tourbe demeurent inchangées, le bog de rivage flottant deviendra finalement un bog de bassin.

Les bogs de bassin peuvent se former également par remplissage à partir du fond, plutôt que des bords vers l'intérieur (Rigg, 1925). De toute évidence ce processus a eu lieu entre d'anciennes dunes de la partie nord-est de l'île Graham en Colombie-Britannique et se produit peut-être encore dans certains étangs peu profonds situés entre les dunes de la côte ouest de l'île de Vancouver. À l'un des sites, *Potamogeton* spp. et *Nuphar polysepalum* croissent dans 0.7 à 1 m d'eau et contribuent à la formation d'une bourbe organique fibreuse dans les étangs. En bordure de l'eau peu profonde, *Carex* spp., *Oenanthe sarmentosa*, *Veronica* sp. et des arbustes contribuent à la formation de tourbe primaire. On ne note pas la

présence d'un tapis flottant. Les conditions hydrologiques varient de légèrement acides à acides, avec un débit moyen et une nappe phréatique élevée en permanence. Lorsque le bassin se remplira de débris de macrophytes aquatiques, les laîches recouvriront probablement la surface et les espèces propres aux bogs finiront par prédominer.

Les bogs de bassin peuvent se former sous l'effet de facteurs autres que ceux d'une hydrosérie naturelle, notamment l'abaissement de la nappe phréatique d'étangs peu profonds, lequel peut être causé par le creusement du lit d'un cours d'eau sous la nappe. D'après Hebda (1983), un bog près de Bear Cove à l'extrémité nord de l'île de Vancouver s'est formé par suite d'une modification climatique (climat plus chaud et plus sec) il y a environ 8 500 ans, suivie d'un retour à un climat plus humide il y a environ 7 000 ans.

La séquence stratigraphique normale d'une hydrosérie de bog flottant serait en principe une tourbe de *Sphagnum* reposant sur une tourbe à macrophytes aquatiques qui recouvre de la tourbe de détritus limniques. On a trouvé aucun exemple clair d'une telle séquence sur la côte de la Colombie-Britannique, bien que dans certaines séquences, telle celle du bog Rithets (Zirul, 1967), on retrouve à peu près cette stratigraphie. D'épaisses zones de tourbe à laîches apparaissent dans plusieurs bogs de bassin et on croit qu'elles se sont formées durant les stades de laîches ou de marécages qui ont eu lieu entre les stades de macrophytes aquatiques et de tourbe de *Sphagnum*. De telles séquences ont été observées tant dans la région de terres humides tempérée pacifique, au bog Tyee (Rigg et Richardson, 1938) que dans la région de terres humides océanique pacifique, au bog Bear Cove (Hebda, 1983). Les stades de laîches et de marécages peuvent résulter de certains facteurs, comme les variations climatiques, qui n'ont rien à voir avec l'hydrosérie naturelle.

Une autre séquence qui peut conduire au développement d'un bog débute sur un terrain plat mal drainé à légèrement incliné (Hebda, 1977). Dans ce cas, la succession de terres humides dépend de circonstances géomorphiques particulières dans des conditions climatiques appropriées. Contrairement à l'hydrosérie du bassin classique qui débute par une végétation limnique, la succession commence sur une surface minérale mal drainée qui peut être soumise à une inondation saisonnière. Au départ le pH est probablement neutre ou légèrement acide selon la matière originelle, le débit est lent et la nappe phréatique varie périodiquement entre un niveau situé au-dessus de la surface du sol et un niveau situé juste au-dessous. Ces conditions favorisent la croissance des laîches et autres espèces qui peuplent les fens et, comme la nappe phréatique est relativement haute, elles favorisent également l'accumulation de matière organique. La surface de la terre humide s'élève graduellement au-dessus de la surface originale et s'éloigne progressivement des éléments nutritifs présents dans le substrat minéral originel; le pH diminue et la nappe phréatique peut s'abaisser. Des arbustes et des arbres arbustifs typiques des terres humides succèdent aux laîches. À la longue, avec l'augmentation de l'acidification et l'accumulation de la matière organique et avec l'abaissement relatif de la nappe phréatique, *Sphagnum* spp. notamment *Sphagnum rubellum*, domine. L'écoulement d'eau ou l'apport d'éléments nutritifs est limité et les précipitations sont la principale source d'eau. Hebda (1977) a observé cette séquence dans le secteur de la rivière Pitt des basses terres du Fraser, où la progression de la végétation le long d'un transect depuis le terrain nouvellement émergé jusqu'au centre d'un petit bog naissant était la suivante : laîches et herbes, arbustes au-dessus des laîches et des herbes, arbustes au-dessus de tapis et de monticules de *Sphagnum* en progression, bog continu de *Sphagnum*. Les premiers arbustes dans la séquence étaient *Myrica gale*, *Spiraea douglasii* et, à l'occasion, *Pyrus fusca*. Dans les stades arbustifs subséquents, *Ledum groenlandicum* devient important. Cette séquence de végétation se voit dans la stratigraphie du bog Burns des basses terres du Fraser (figure 8–25) et sur les basses terres de la chaîne de montagne de la Reine-Charlotte. De la tourbe à laîches se retrouve sous de la tourbe forestière qui elle précède la tourbe de lande et est recouverte de tourbe de *Sphagnum*. Dans le bog Burns près de Delta en Colombie-Britannique, cette séquence représente moins de 5 000 ans.

Les bogs de rivage peuvent présenter une séquence stratigraphique semblable s'ils se sont formés le long de marges mal drainées de lacs; il y a cependant une différence dans l'écoulement de l'eau. Les bogs bombés sont alimentés seulement en eau de pluie alors que les bogs de rivage reçoivent de l'eau du lac et des régions adjacentes des bas plateaux. Selon le modèle du gradient hydrologique, le pH serait faible, l'écoulement d'eau entraînerait un apport relativement important d'éléments nutritifs et la nappe phréatique fluctuerait. Les bogs de rivage non flottants commencent à se former dans un milieu relativement riche en éléments nutritifs, à comparer avec celui des bogs flottants, et peuvent continuer à se développer grâce à l'apport d'eau et à leur position au-dessus de la nappe phréatique. Deux bogs de ce genre, l'un sur l'île Tzartus, l'autre au lac Whyac, sur la côte ouest de l'île de Vancouver, comportent de nombreuses espèces végétales et peu de *Sphagnum*, ce qui indique un apport nutritif élevé.

La paludification, processus par lequel un terrain est transformé en terre humide, a joué un rôle capital sur la côte du Pacifique où des forêts productives occupant des terrains bien drainés, plats ou inclinés, ont été dégradées et transformées en zones forestières croissant sur de la tourbe mal drainée (Banner *et al.*, 1983). La plupart des bogs inclinés du Pacifique ont probablement été formés par paludification, soit par expansion en périphérie de terres humides existantes, soit par développement *in situ*. Comme le climat est très humide, des horizons placiques à sol minéral, qui empêchent le drainage et la pénétration des racines, peuvent se former. Ugolini et Mann (1979) ont décrit une chronoséquence de 8 000 ans dans laquelle des

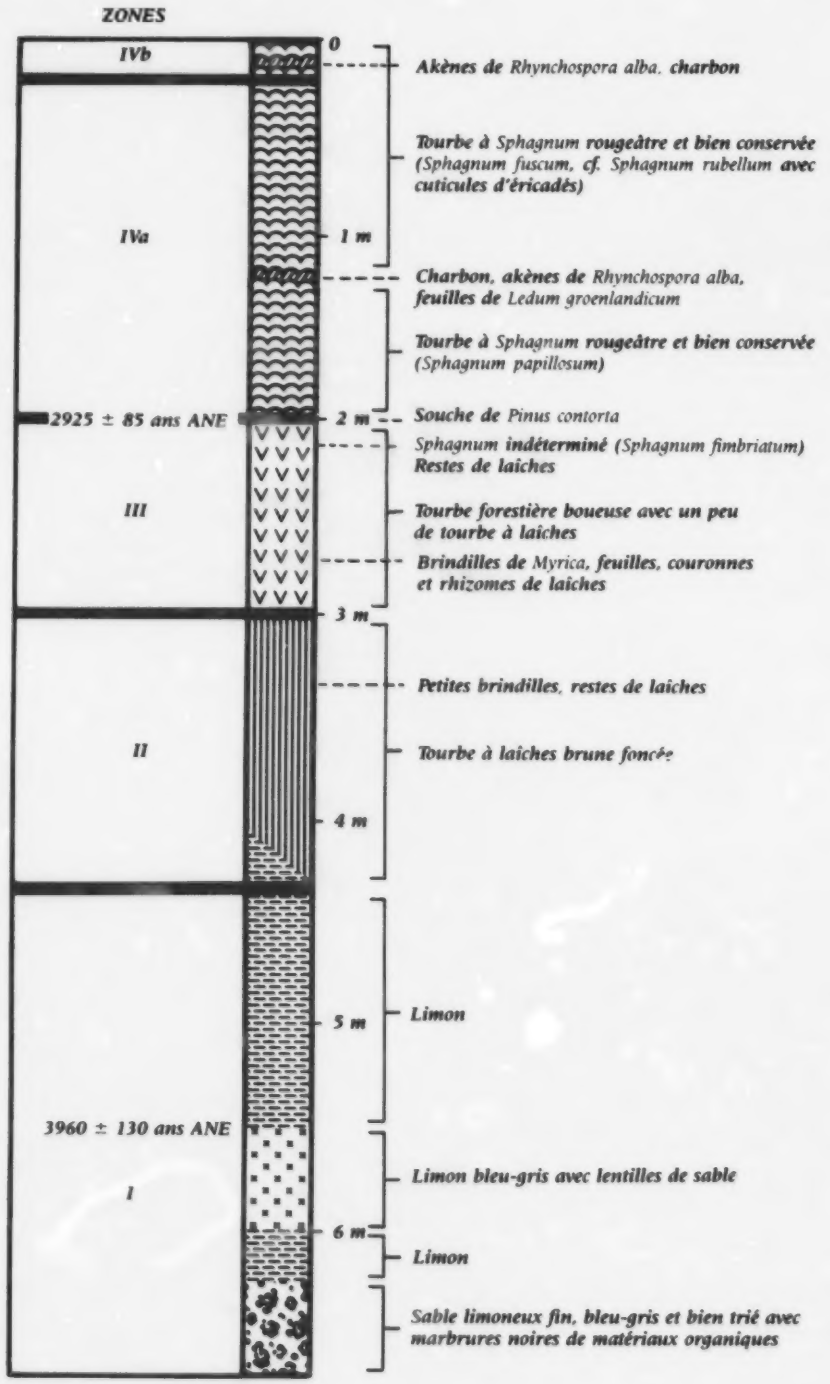


Figure 8–25.
Stratigraphie et macrofossiles de la carotte CBB, Bog Burns, delta du Fraser, Colombie-Britannique.

forêts d'épinettes de Sitka se sont transformées en bogs sur des terrasses maritimes dans le sud-est de l'Alaska, probablement sous l'influence de la formation d'horizons cimentés. Heusser (1960) a obtenu un âge semblable (8 140 ans ANE) pour une tourbière de 3,1 m reposant sur une terrasse marine élevée dans le sud-est de l'Alaska. Quand l'assise rocheuse se situe près de la surface du sol, elle peut également limiter le drainage intérieur. Dans les cas où le drainage est entravé, la matière organique s'accumule sur le sol forestier au point où la tourbe qui en résulte forme une masse, qui s'alimente elle-même et qui retient l'eau, sur laquelle se développe une végétation propre aux bogs. Dans le modèle du gradient hydrologique, une pente boisée jouirait au départ d'eau souterraine à pH modéré, d'un apport nutritif élevé et d'une nappe phréatique basse. Mais quand il y a des horizons placiques ou autres horizons à sol minéral limitants, les précipitations doivent s'écouler près de la surface du sol ou à la surface même, la nappe phréatique est élevée et le pH et l'apport d'éléments nutritifs tendent à diminuer. Ces conditions favorisent l'accumulation de matière organique; les *Sphagnum* spp. deviennent abondants et le nombre d'arbres diminue. Durant ces stades, cependant, l'écoulement d'eau superficielle vers l'aval ainsi que l'apport d'éléments nutritifs demeurent plus élevés que dans les bogs bombés; à la longue, la croissance de mousses de *Sphagnum* est freinée et il y a moins d'accumulation de matière organique. Sur les pentes douces et en terrain plat, cependant, la formation du bog peut se poursuivre indéfiniment.

À partir d'analyses de pollen, de la stratigraphie de la tourbe et de datations au radiocarbone 14, Banner *et al.* (1983) ont reconstruit le développement historique sur 8 700 ± 210 années d'un bog à forêt claire des environs de Prince-Rupert et ont montré la séquence suivante : *Pinus contorta–Alnus rubra*/fougères (forêt alluviale pionnière); *Picea sitchensis–Alnus rubra–Tsuga heterophylla–Thuja plicata*/*Lysichitum americanum*–fougères (forêt alluviale humide et productive sur régosols); *Thuja plicata–Chamaecyparis nootkatensis–Tsuga heterophylla–Pinus contorta* (serub forestier sur sol minéral tourbeux); *Pinus contorta–Chamaecyparis nootkatensis*/éricacées arbustives/*Sphagnum* spp. (bog a forêt claire sur sols organiques de 2 m d'épaisseur). Cette séquence est en corrélation avec des modifications du paléoclimat du sud-ouest de la Colombie-Britannique (Mathewes et Heusser, 1981) et peut être associée également à des facteurs édaphiques, notamment des variations de la configuration du drainage, la formation d'horizons de sols cimentés et l'accumulation d'horizons organiques épais en surface.

Les marécages sont situés dans des sites où l'apport en éléments nutritifs est plus élevé et où les fluctuations de la nappe phréatique sont plus importantes que dans les sites abritant des bogs. Même si le substrat est acide, il y a suffisamment d'éléments nutritifs pour permettre la croissance de conifères ou d'arbustes tels *Salix* spp. et *Spiraea* spp. L'abaissement de la nappe phréatique pendant l'été accélère la décomposition de la matière organique. Par conséquent, l'augmentation d'acidité, la diminution des éléments nutritifs disponibles et l'accumulation de tourbe tertiaire, qui sont tous nécessaires au développement d'un bog, sont limitées. L'ombre que projettent les arbres et les arbustes denses peut également empêcher la croissance de *Sphagnum* spp.

Les marécages boisés de conifères se développent sur des sites où l'acidité est moyenne, l'apport nutritif moyen à élevé et la nappe phréatique moyenne à haute; ces marécages se trouvent souvent sur des plaines d'inondation et dans des milieux d'infiltration. Leur stabilité apparente est probablement due à l'apport continuel et élevé d'éléments nutritifs ainsi qu'à l'ombre dense produite par des arbres qui empêche effectivement le développement d'espèces caractéristiques des fens et des bogs.

La détermination du dernier stade ou du point culminant de la succession, notamment dans le cas des bogs boisés de conifères, demeure controversée (Zach, 1950; Stephens *et al.*, 1970). Certains considèrent que le stade du bog est le point culminant, alors que d'autres croient que la surface du bog finit par s'élever suffisamment au-dessus de la nappe phréatique pour permettre la réimplantation de forêts plus productives. L'existence de tourbe forestière reposant sur des couches de tourbe de *Sphagnum* ou à laîches vient étayer l'hypothèse de la forêt comme point culminant. Ces séquences stratigraphiques sont courantes dans le sud-est de l'Alaska (Stephens *et al.*, 1970) et ont été observées également sur la côte de la Colombie-Britannique, mais seulement là où des perturbations ou des variations climatiques ont entraîné l'abaissement de la nappe phréatique (Hebda et Biggs, 1981; Banner *et al.*, 1983). Il semble que dans les conditions climatiques actuelles, la plupart des bogs de *Sphagnum* sont en développement et n'ont pas encore atteint un point suffisamment sec pour limiter la croissance des mousses de *Sphagnum*. Le bog Burns, perturbé par l'exploitation de la tourbe, le drainage et l'agriculture, comporte pourtant encore de grandes parties où *Sphagnum rubellum* se propage activement dans la forêt de pins. Ce bog se trouve dans une région où le climat est à peu près le plus chaud et le plus sec de toute la côte.

Rôle du climat et de la géomorphologie dans la succession des terres humides

Dans l'analyse de la dynamique des terres humides, il a été question de l'effet du climat et de la géomorphologie sur la formation et les caractéristiques des terres humides. Depuis la déglaciation, le nord-ouest de la région du Pacifique a connu trois grands régimes climatiques (Heusser, 1952, 1960; Lawrence, 1958). Le climat était généralement frais et humide, il y a 11 500 à 10 500 ans ANE, puis il est devenu plus chaud et plus sec au cours de la période dite xérothermique il y a environ 10 000 à 6 600 ans ANE, depuis

il est relativement humide et frais, semblable aux conditions actuelles (Hebda, 1983). La période xérothermique a peu favorisé la formation de bogs alors que les périodes plus humides et plus fraîches ont été propices au développement de terres humides (Banner *et al.*, 1983; Hebda, 1983).

Les principales variations géomorphologiques qui ont agi sur l'évolution des terres humides ont été la glaciation et les fluctuations des niveaux relatifs de la mer. Pendant l'holocène inférieur, la côte sud de la Colombie-Britannique était considérablement surbaissée par rapport au niveau de la mer, mais s'est ensuite élevée pour atteindre des niveaux supérieurs aux niveaux actuels avant de s'abaisser de nouveau et de rejoindre les niveaux actuels (Clague *et al.*, 1982). La plupart des basses terres humides de la côte sont situées sur des surfaces qui datent de l'holocène moyen à l'holocène supérieur. Par exemple, les bogs bombés du delta du Fraser ont moins de 5 000 ans (Hebda, 1977) et les bogs inclinés de la péninsule Hesquiat, sur la côte ouest de l'île de Vancouver, ont environ 1 000 ans (Hebda et Rouse, 1979). Un bog situé près du niveau de la mer sur la rive du détroit de Barkley révèle la présence d'une transgression marine à l'intérieur d'une tourbe à sphaignes. L'histoire du développement et l'état de succession actuel des terres humides de la côte du Pacifique sont associés à ces fluctuations.

D'après une datation au radiocarbone 14 effectuée par Heusser (1960) dans des bogs situés le long de la côte nord de la Colombie-Britannique et de la côte sud-est de l'Alaska, les âges varient de 1 210 ans ANE pour un bog de 2 m de profondeur, formé dans une lagune côtière des environs du glacier Grand Plateau du sud-est de l'Alaska à 10 850 ans ANE pour un bog de 6.6 m de profondeur situé dans le sud de l'île Langara en Colombie-Britannique.

Impact des perturbations récentes sur la dynamique des terres humides

Les incendies ont joué un rôle important dans la dynamique des terres humides de la côte sud plus sèche. Les forêts claires de pins et les landes plus sèches des bogs bombés des basses terres du Fraser sont sujettes aux incendies en été (Hebda, 1977; Hebda et Biggs, 1981). La superficie brûlée atteint de nombreux hectares et fournit un lit de semences pour la régénération du pin tordu et du bouleau à papier. Les incendies ont perturbé la croissance de *Sphagnum* et l'accumulation de tourbe et ont servi de mécanisme au processus de formation de monticules et de dépressions (figure 8–26).

Les perturbations anthropiques sont peut-être les facteurs les plus dévastateurs pour les terres humides. Ces perturbations sont plus évidentes dans la région de terres humides tempérée pacifique que dans la région de terres humides océanique pacifique, non seulement à cause du genre de terres humides et des climats associés, mais aussi à cause de facteurs démographiques. L'agriculture, l'exploitation de la tourbe, le remblayage et la construction sont des activités qui se sont déroulées et se déroulent toujours notamment dans les bogs bombés et de bassin ainsi que dans les marécages de la région de terres humides tempérée pacifique.

La modification du drainage a la plus grande portée. Un abaissement de la nappe phréatique permet au pin tordu, à la pruche de l'Ouest et au bouleau à papier de prendre de l'expansion aux dépens de *Sphagnum* spp. et d'autres espèces dans les bogs bombés et de bassin (Hebda et Biggs, 1981). Un processus souvent associé au drainage est l'introduction d'eaux riches en minéraux provenant de bas plateaux adjacents. Toutes ces perturbations augmentent l'apport en éléments nutritifs et la décomposition des matières organiques, surtout le long des chenaux de drainage. La flore des bogs est remplacée par les plantes caractéristiques des fens et des marécages comme *Spiraea* spp., *Salix* spp., *Pyrus* spp., *Juncus* spp. et *Carex* spp.

L'exploitation de la tourbe dans les basses terres du Fraser a entraîné l'inondation de vastes étendues autrefois recouvertes de bogs bombés. La nature de la végétation qui recolonise les étendues exploitées dépend du degré d'humification du substrat qui reste et du degré de drainage. Sur les tourbes à mousses non humifiées, des espèces caractéristiques des bogs comme *Sphagnum* spp., *Drosera rotundifolia*, *Rubus chamaemorus* et *Ledum groenlandicum* se régénèrent. Une nouvelle tourbe de *Sphagnum* peut s'accumuler dans les cavités et les étangs au rhtyme de 8 mm/année après exploitation de la tourbe (Hebda et Biggs, 1981). Des bosquets de *Spiraea douglasii* se mêlent aux touffes de *Carex* spp. ou de *Juncus effusus* sur de la tourbe bien humifiée ou entièrement cultivée. Quand les bosquets se trouvent en périphérie d'un bog majeur dont l'hydrologie n'a pas été modifiée de façon trop importante, ils sont envahis à la longue par *Sphagnum rubellum* et cèdent probablement la place à une végétation caractéristique des bogs. Le bouleau à papier et le pin tordu progressent dans les milieux où la nappe phréatique demeure basse. Cependant, lorsque le substrat minéral sous-jacent est exposé, *Juncus* spp., *Carex* spp. et *Typha latifolia* apparaissent dans des stades temporaires de fen.

Valeurs des terres humides pacifiques

Les terres humides de la côte pacifique du Canada ont une grande importance écologique, économique, éducative et esthétique. À leur état naturel, les terres humides sont des réservoirs d'absorption et de stockage de l'eau qui contribuent à diminuer les risques d'inondation. Leur capacité d'absorption, liée au type et à l'épaisseur de la matière organique, réduit la quantité d'eau à écoulement libre et améliore la qualité de l'eau par le filtrage des charges d'éléments

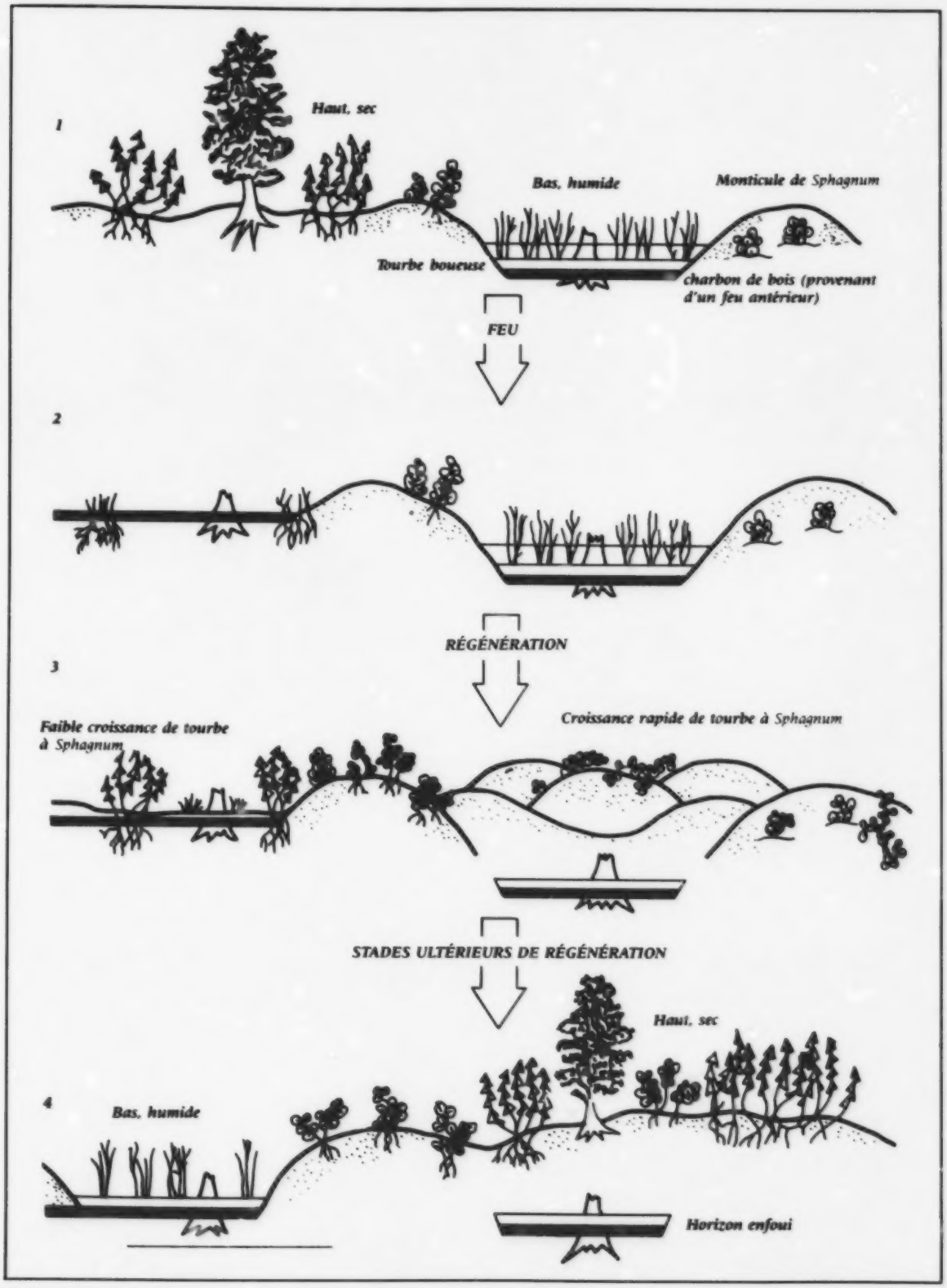


Figure 8–26.
Formation cyclique de creux et de monticules produite par le feu (Bog Burns, delta de la rivière Fraser, Colombie-Britannique).

nutritifs, de sédiments et de polluants. Le filtrage prend peut-être plus d'importance quand les terres humides sont associées à de grandes masses d'eau qui servent à l'approvisionnement domestique ou industriel, ou encore à l'irrigation. De plus, la faune et les poissons représentent une grande valeur à l'échelle nationale et internationale. En effet, la région est située sur la route migratoire ouest d'une grande variété d'oiseaux et les estuaires et chenaux abritent un grand nombre de salmonidés et autres populations de poissons.

De nombreuses terres humides ont été modifiées pour répondre aux besoins des villes et des industries. Dans le delta du Fraser, par exemple, de nombreuses terres humides ont été endiguées et drainées ou remblayées pour permettre l'agriculture, l'urbanisation et l'activité industrielle. On y trouve certains des jardins maraîchers de légumes et de petits fruits les plus productifs du Canada. La tourbe est récoltée pour l'horticulture. Les cultures fourragères, essentielles à une importante industrie laitière, sont produites dans des régions qui ne se prêtent pas à des utilisations plus intensives. De nombreuses terres humides sur la côte est de l'île de Vancouver ont subi de semblables modifications, bien que l'endiguement et l'extraction de tourbe y soient rares, surtout à cause de la taille relativement petite des terres humides et de leur position en contrebas par rapport à la topographie environnante. Ces terres humides plus petites, dont la plupart étaient des bogs, ont été converties en pâturages saisonniers ou en parcelles de cultures fourragères.

Les terres humides servent également d'aires récréatives et de ceintures vertes. Certaines activités récréatives ont nécessité d'importantes modifications. Par exemple, des parcours de golf ont été aménagés entièrement ou en partie sur des terres humides. Les naturalistes, les étudiants en excursion et les scientifiques apprécient particulièrement les terres humides. Lorsque les terres humides sont préservées comme ceintures vertes, elles modifient le climat associé à la ville en influant sur la configuration des vents et le régime des températures; de plus elles augmentent la valeur esthétique de l'aménagent urbain et fournissent un habitat aux populations fauniques locales. Plusieurs réserves et parcs provinciaux de la côte de la Colombie-Britannique comportent des terres humides. Certaines, près des centres urbains, sont utilisées intensivement comme sentiers d'interprétation de la nature ou aires de pique-nique et de loisirs; d'autres plus éloignées, comme lieux du patrimoine et réserves fauniques pour des études scientifiques.

Les terres humides de la sous-région de terres humides océanique pacifique de la côte nord et celles situées le long de la côte ouest de l'île de Vancouver ne subissent d'habitude pas de perturbations majeurs à l'exception de l'exploitation forestière et de rares aménagements industriels. Le plus souvent, la croissance des arbres est limitée dans les terres humides à moins qu'elles ne soient drainées; font exception les régions associées à de l'eau courante, qui offrent certains des meilleurs sites pour la croissance des arbres. Vu leur nappe phréatique élevée et leur pauvreté en oxygène et en éléments nutritifs, les bogs à leur état naturel limitent extrêmement la croissance des arbres jusqu'à l'empêcher complètement.

Figure 8–27.
Dépotoir dans un forêt claire de pins à feuilles tordues, Bog Burns, basses terres du Fraser, Colombie-Britannique.

L'homme a eu un grand impact sur les terres humides. Des complexes résidentiels et industriels ont été construits sur des terres humides après qu'elles aient été modifiées par drainage, endiguement, enlèvement des matériaux de surface, remblayage et enfouissement sanitaire (figure 8–27). On a également construit des routes et des lignes de transport d'énergie à travers des terres humides. La plupart de ces projets ont entraîné la perte totale et irréversible de l'habitat des terres humides. Dans le cadre d'une étude de la partie sud-ouest des basses terres du Fraser, on a examiné la nature et l'importance des changements dans l'utilisation des terres, qui ont perturbé les terres humides de ce coin de pays caractérisé par de fortes demandes concurrentielles pour des terres (Pilon et Kerr, 1984). Par exemple, de 1967 à 1982, 7 % des marais fluviatiles, salés et intertidaux ont été convertis à d'autres fins, et cette tendance se poursuit quoiqu'à un faible degré.

Ces dernières années, les organismes provinciaux et fédéraux ont consacré des efforts considérables à mettre au point des systèmes de surveillance et des outils d'évaluation des terres humides adaptés aux diverses régions. Cette stratégie souligne l'engagement à préserver les terres humides et à les utiliser de façon judicieuse et soutenable.

Remerciements

Les personnes suivantes ont commenté et examiné le présent document au cours de l'étape de préparation : H. Hirvonen, A. Pearson, C. Rubec, C. Selby, A. Smith, C. Tarnocai et S. Zoltai a recueilli les échantillons et J. Kimmins et M. Tsze ont offert conseils et aide ainsi que l'accès aux laboratoires de l'Université de la Colombie-Britannique pour les données présentées au tableau 8–9. B. Brown, P. Nystedt et M. Williams ont dessiné les figures originales.

Bibliographie

BANNER, A. 1983. Classification and successional relationships of some bog and forest ecosystems near Prince Rupert, British Columbia. Thèse de maîtrise, Faculté de Foresterie, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie-Britannique. 235 p.

BANNER, A., J. POJAR, ET G.E. ROUSE. 1983. Postglacial paleoecology and successional relationships of a bog woodland near Prince Rupert, British Columbia. Journal canadien de la recherche des forêts 13:938–947.

CHILTON, R.R.H. 1981. A summary of climatic regimes of British Columbia. Assessment and Planning Division, Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Victoria, Colombie-Britannique. 46 p.

CLAGUE, J.J. 1981. Late Quaternary geology and geochronology of British Columbia, Part 2. Commission géologique du Canada. Étude 80-35. Ottawa, Ontario.

COMITÉ CANADIEN DE PÉDOLOGIE. 1978. Classification canadienne des sols, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada. Publication nº 1646. Ottawa, Ontario. 164 p.

CLAGUE, J.J., J.R. HARPER, R.J. HEBDA, ET D.E. HOWES. 1982. Late Quaternary sea levels and crustal movements, coastal British Columbia. Journal canadien des sciences de la terre 19:597–618.

FYLES, J.G. 1963. Surficial geology of Horne Lake and Parksville map areas, Vancouver Island, British Columbia, 92 F/7, 92 F/8. Commission géologique du Canada. Mémoire nº 318. Ottawa, Ontario. 142 p.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. Canada–les terres humides. Cartes des régions de terres humides et de leur distribution au Canada. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

HEBDA, R.J. 1977. The paleoecology of a raised bog and associated deltaic sediments of the Fraser River Delta. Thèse de doctorat, département de Botanique, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie-Britannique. 202 p.

HEBDA, R.J. 1983. Late-glacial and postglacial vegetation history at Bear Cove Bog, northeast Vancouver Island, British Columbia. Journal canadien de botanique 61:3172–3192.

HEBDA, R.J., ET W.E. BIGGS. 1981. The vegetation of Burns Bog, Fraser Delta, Southwestern British Columbia. Syesis 14:1–20.

HEBDA, R.J., ET G.E. ROUSE. 1979. Palynology of two Holocene cores from Hesquiat Peninsula, Vancouver Island, British Columbia. Syesis 12:121–129.

HEUSSER, C.J. 1952. Pollen profiles from southeastern Alaska. Ecological Monographs 22:331–352.

HEUSSER, C.J. 1960. Late-Pleistocene environments of North Pacific North America. American Geographical Society. Publication spéciale nº 35. p. 177–265.

HOLLAND, S.S. 1976. Landforms of British Columbia. A physiographic outline. Ministère des Mines et des Recherches pétrolières de la Colombie-Britannique. Bulletin nº 48. Victoria, Colombie-Britannique. 138 p.

HOWES, D.E. 1981. Late Quaternary sediments and geomorphic history of north-central Vancouver Island. Journal canadien des sciences de la terre 18:1–12.

KLINKA, K., R.N. GREEN, R.L. TROWBRIDGE, ET L.E. LOWE. 1981. Taxonomic classification of humus forms in ecosystems of British Columbia. Ministère des Forêts de la Colombie-Britannique, Land Management Report nº 8. 54 p.

LAWRENCE, D.B. 1958. Glaciers and vegetation in southeastern Alaska. American Scientist 46:89–122.

LUTTMERDING, H.A. 1980. Soils of the Langley-Vancouver map area. Resource Analysis Branch, Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. Victoria, Colombie-Britannique. Bulletin nº 18. 6 volumes.

MATHEWES, R.W., ET L.E. HEUSSER. 1981. A 12 000 year palynological record of temperature and precipitation trends in southwestern British Columbia. Journal canadien de botanique 59:707–710.

MOORE, P.D., ET D.J. BELLAMY. 1974. Peatlands. Springer-Verlag, New York Inc. New York, New York. 221 p.

NEILAND, B.J. 1971. The forest-bog complex of southeast Alaska. Vegetatio 22:1–64.

OSVALD, H. 1933. Vegetation of the Pacific Coast bogs of North America. Acta Phytogeographica Suecica 5:1–32.

PEARSON, A.F. 1985. Ecology of Camosun Bog and recommendations for restoration. University Endowment Lands, Forest Park Research. Greater Vancouver Regional District Parks Department. Technical Paper nº 3. Vancouver, Colombie-Britannique. 202 p.

PILON, P., ET M.A. KERR. 1984. Land use monitoring on wetlands in the southwestern Fraser Lowland, British Columbia. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 34. Vancouver, Colombie-Britannique. 31 p. et carte.

REINERS, W.A., I.A. WORLEY, ET D.B. LAWRENCE. 1971. Plant diversity in a chronosequence at Glacier Bay, Alaska. Ecology 52:55–69.

RIGG, G.B. 1914. Notes on the flora of some Alaskan sphagnum bogs. The Plant World 17:167–182.

RIGG, G.B. 1922. A bog forest. Ecology 3:207–213.

RIGG, G.B. 1925. Some sphagnum bogs of the north Pacific coast of North America. Ecology 6:260–278.

RIGG, G.B. 1937. Some raised bogs of southeastern Alaska with notes on flat bogs and muskegs. American Journal of Botany 24:194–198.

RIGG, G.B., ET C.T. RICHARDSON. 1938. Profiles of some sphagnum bogs of the Pacific Coast of North America. Ecology 19:408–434.

SELBY, C. (communication personnelle). Février 1986. Relevé canadien de pédologie, Agriculture Canada, Vancouver, Colombie-Britannique.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. 1982. Normales climatiques au Canada, 1951–1980. Volume 4: degré-jours. Environnement Canada. Downsview, Ontario. 280 p.

STEPHENS, F.R., C.R. GASS, ET R.F. BILLINGS. 1970. The muskegs of southeast Alaska and their diminished extent. Northwest Science 44:123–130.

THOMPSON, T.G., J.R. LORSH, ET G.B. RIGG. 1927. The acidity of the waters of some Puget Sound bogs. Journal of the American Chemical Society 49:2981–2988.

TROWBRIDGE, R., DIRECTEUR DE PUBLICATION. 1981. Second progress report of the working group on organic horizons, Folisols, and humus form classification. Institut de recherche sur les terres, Agriculture Canada. Ottawa, Ontario. Inédit.

UGOLINI, F.C., ET D.H. MANN. 1979. Biopedological origin of peatlands in southeast Alaska. Nature 281:366–368.

WETZEL, R.G. 1975. Limnology. W.B. Saunders Company. Philadelphia, Pennsylvanie. 743 p.

ZACH, L.W. 1950. A northern climax, forest or muskeg? Ecology 31:304–306.

ZIRUL, D.L. 1967. Pollen analysis of a bog in the Garry oak zone of southern Vancouver Island, BC. Thèse de B. Sc., Département de biologie, Université de Victoria, Victoria, Colombie-Britannique. 38 p.

ZOLTAI, S.C., ET F.C. POLLETT. 1983. Wetlands in Canada: their classification, distribution, and use. *Dans* Mires: swamp, bog, fen and moor. B. Regional studies. A.J.P. Gore, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 245–268.

9 Marais salés du Canada

W.A. Glooschenko
I.P. Martini
K. Clarke-Whistler

Marais salés du Canada

Les marais salés sont d'importants écosystèmes côtiers; ils donnent lieu à une interaction complexe entre les processus océanographiques, biologiques, géologiques, chimiques et hydrologiques. Zones de transition entre les milieux marins et les aires terrestres d'eau douce, ils sont vraiment, selon certains, plusieurs écosystèmes comprenant des écotones complexes, variant de humide à sec, d'aérobie à anaérobie et des eaux salées aux eaux douces (Pomeroy et Wiegert, 1981).

On peut diviser le Canada en trois grandes régions de marais salés, présentées à la figure 9–1 et décrites ci-dessous. Les marais salés du Pacifique de la Colombie-Britannique sont peu étendus à cause de la nature tectoni-

Figure 9–1.
Carte du Canada montrant les régions importantes de marais salés dont l'aménagement dépend de leurs conditions écologiques.

que, géologique et géomorphologique active de la côte ouest du Canada et sont caractérisés par de profonds fjords. La côte ouest comporte un petit nombre de baies protégées qui favorisent la formation de marais salés. Les *marais— salés de l'Atlantique* se trouvent surtout dans les régions du bas du Saint-Laurent au Québec, de la rive sud du golfe du Saint-Laurent au Nouveau-Brunswick, à Île-du-Prince-Édouard, en Nouvelle-Écosse et à Terre-Neuve ainsi que dans l'extrémité sud du Labrador. Les *marais salés subarctiques et arctiques* se trouvent dans les baies d'Hudson et James, les côtes arctiques et les îles du bassin de Foxe ainsi que dans certaines régions de l'archipel Arctique.

Ce chapitre présente : (1) les facteurs géologiques qui ont influencé la formation de marais salés et l'écologie de leur végétation au Canada; (2) les effets climatiques sur ces marais; (3) les similitudes entre les marais salés du Canada et ceux d'ailleurs; (4) l'importance écologique des marais pour les pêches et la faune côtières; et (5) les activités humaines responsables de la disparition de marais salés.

Cadre naturel

Qu'est-ce qu'un marais salé?

L'expression "marais salé" sert habituellement à décrire des écosystèmes côtiers dominés par des herbes et soumis à des inondations d'eau salée de marée. Selon Chapman (1974), ce sont des "langues de terre bordant la mer, plus ou moins recouvertes par la végétation et périodiquement inondées par la marée". Beeftink (1977) donne la définition suivante : "Prairie halophyte naturelle ou semi-naturelle et broussailles reposant sur des sédiments alluvionnaires bordant des nappes d'eau salée dont le niveau fluctue avec ou sans la marée". Pour Frey et Basan (1978), ce sont "des zones intertidales recouvertes de végétation abondante". Zedler (1984) tient compte davantage de l'écologie : "Communauté d'organismes dominés par des plantes qui tolèrent des sols humides et salés et qu'on trouve généralement sur le littoral dans des habitats en contrebas périodiquement humides et habituellement salés à hypersalés". Sa définition accorde de l'importance à l'état salé de l'habitat et à la végétation qui le recouvre. Ainsi, la

végétation d'un marais salé doit à la fois tolérer le sel et croître dans des milieux saturés d'eau, sans pour autant être nécessairement halophyte. Barbour (1970) a signalé qu'en fait très peu d'espèces le sont. Il estime que le critère ultime pour la tolérance au sel est l'aptitude à la reproduction en présence de cet élément (Glooschenko et Clarke, 1982).

Classification des marais salés

Ce chapitre utilise la définition de Tarnocai (1980) : "Un marais est une terre humide minérale ou recouverte de tourbe, périodiquement inondée par des eaux dormantes ou à faible écoulement". Tarnocai définit une autre catégorie de terre humide—le plan d'eau libre peu profonde—souvent associée aux marais comme "une eau entièrement ou partiellement dormante ou qui s'écoule et comporte des étendues libres, relativement importantes et stables... qui se distingue des eaux profondes par sa profondeur maximale de 2 m, limite excédée à l'occasion pendant les périodes d'inondation anormale". L'expression "marais salé" se rapporte à des terres inondées par des eaux salées ou saumâtres de marée, contrairement aux marais salés de l'intérieur étudiés au chapitre 5 qui traite des terres humides des Prairies.

L'eau de mer normale a une salinité de 33.5 parties par millier (s'écrit ‰). Les eaux peu salées (eaux saumâtres) peuvent être transportées dans les estrans ou les marais où elles s'évaporent pour donner lieu à des sols très salés (Chapman, 1974). Ainsi, un marais salé peut être adjacent à une nappe d'eau très peu salée comme la baie James (Glooschenko et Clarke, 1982). Il est difficile de relier la présence de différentes espèces de plantes à une salinité donnée; la concentration peut varier au cours d'une année, car le sel peut être entraîné par des précipitations intenses ou s'accumuler par évapotranspiration dans des sols lors de périodes sèches (Glooschenko et Clarke, 1982).

Il faut tenir compte d'une autre notion importante et pertinente, celle de l'estuaire, dont Pritchard (1967) donne une définition classique : "Une étendue d'eau à demi-fermée, directement reliée à la mer et où l'eau salée est diluée dans une proportion mesurable au contact de l'eau douce provenant des terres". Ces systèmes estuariens ont quatre origines géomorphiques : vallées fluviales submergées, estuaires constitués de barres, fjords et estuaires créés par des processus tectoniques. Ketchum (1983a, 1983b) a critiqué cette définition. Selon lui, un estuaire n'est pas nécessairement à demi-fermé; par exemple, les eaux littorales diluées par des eaux douces en provenance de la terre peuvent être estuariennes. Ainsi, au Canada, on pourrait considérer la baie James comme un estuaire de la baie d'Hudson.

Selon Fairbridge (1980), il faut tenir compte de l'influence des marées et des fleuves. Il donne la définition suivante : "Un estuaire est une anse se prolongeant dans une vallée fluviale aussi loin que monte la marée et qui se divise d'habitude en trois secteurs : (a) un estuaire marin ou inférieur en liaison directe avec la mer, (b) un estuaire moyen, où se mélangent les eaux salées et douces, et (c) un estuaire supérieur ou fluvial, caractérisé par des eaux douces, mais soumis à l'action quotidienne des marées". Il rejoint ainsi la conception de Pritchard (1967) voulant qu'il y ait un degré de fermeture dans un estuaire. Ce chapitre utilise la définition de Fairbridge pour le plan de classification.

Le présent chapitre utilise, pour les marais salés, la classification de Tarnocai (1980) présentée au tableau 9–1. Elle comprend quatre formes : haut marais estuarien, bas marais estuarien, haut marais côtier et bas marais côtier.

Conditions géologiques et physiographiques de la formation de marais salés

Les marais salés se forment dans des terres en contrebas, non touchées par les grosses vagues de la

Tableau 9–1. Classification des marais salés du Canada

Marais estuarien : terre humide soumise à l'influence des marées dans les estuaires ou les baies communicantes où les battures marécageuses, les chenaux et les étangs sont périodiquement inondés par des eaux de salinité variable.	
Haut –	situé au-dessus de la laisse moyenne de marée haute; inondé seulement par les plus fortes marées ou les marées de tempête.
Bas –	situé au-dessous de la laisse moyenne de marée haute; fréquemment inondé.
Marais côtier : terre humide de terrasses marines, de terrains plats, d'échancrures ou de lagunes en arrière de cordons littoraux, loin des estuaires, soumise à des inondations périodiques par des eaux salées ou saumâtres de marée, ainsi que des embruns salés.	
Haut –	situé au-dessus de la laisse moyenne de marée haute; inondé seulement lors de grandes marées.
Bas –	situé au-dessous de la laisse moyenne de marée haute.

Source : Tarnocai (1980).

pleine mer et dans celles où des quantités relativement importantes de sédiments peuvent se déposer le long du littoral. Comme l'a remarqué Phleger (1977), la granulométrie des sédiments d'une région dépend en grande partie de la grosseur des sédiments disponibles. Les marais accumulent cependant les sédiments les plus fins disponibles dans le système à cause de la faible vitesse des courants dans les eaux très peu profondes. Les plantes des marais salés peuvent également retenir les sédiments les plus fins. Ceux-ci transportent en abondance des ions échangeables, fertilisant ainsi les marais et accroissant leur productivité. Les sédiments fins peuvent être transportés depuis la terre ferme jusqu'à la mer par les rivières ou peuvent provenir de l'érosion des rivages. Dans un cas comme dans l'autre, ils sont redistribués par des agents marins et transportés dans les marais par les marées.

Un substrat sableux n'est pas idéal pour la formation de marais, cependant il peut y contribuer dans des milieux abrités, tectoniquement stables, le long des rivages à émersion lente où, comme dans le sud-est de l'Angleterre, au pays de Galles, et au Danemark, "l'exposition accrue des estrans et les vents desséchants à marée basse soufflant dans les marais" mélangent le sable au limon transporté par la marée (Chapman, 1977). Du point de vue géologique et physiographique, la formation de marais est donc favorisée surtout par (1) des terres côtières abritées et planes; (2) une grande accumulation et disponibilité de sédiments limoneux et argileux fins; (3) des rivages tectoniquement stables ou émergeant lentement; et (4) un climat propice à la croissance des plantes.

La physiographie du Canada reflète l'histoire géologique complexe du continent (Douglas, 1970; Bostock, 1970). Ainsi le Canada atlantique est marqué au sud par les Appalaches, chaîne de montagnes du paléozoïque plutôt vieille, mais tout de même importante et, le long de la côte du Labrador, par le Bouclier précambrien plus ancien. Dans le Canada atlantique, les terres montagneuses sont bordées par la pointe de sédiments relativement large du plateau continental du mésozoïque et du pléistocène. De nombreuses îles de l'Arctique et leurs côtes sont caractérisées aussi par l'alternance de terres montagneuses et de terres plates associées à l'origine à une ancienne surface de pénéplaine du précambrien. La côte du Pacifique diffère à cause de l'épisode actuelle de formation des montagnes; donc, la cote, à l'exception du delta du fleuve Fraser est caractérisée par des rivages rocheux escarpés. Enfin, la vaste mer intérieure du Canada (baie James, baie d'Hudson et bassin de Foxe) occupe un bassin cratonique qui persiste depuis l'époque du précambrien et qui a été partiellement comblé par des roches sédimentaires couchées du paléozoïque et du mésozoïque.

Vu la présence de facteurs favorisant la formation de vastes marais, les marais salés les plus étendus se sont formés dans le sud-ouest des baies d'Hudson et James conformément aux conditions physiographiques et climatiques du Canada; les autres marais salés par ordre d'importance décroissante se trouvent dans des baies le long de la côte atlantique, certaines régions basses de l'Île-du-Prince-Édouard, le golfe du Saint-Laurent, le delta du fleuve Fraser et le long du littoral de l'océan Arctique.

Aspects climatiques des marais salés du Canada—la notion de régions de terres humides

Les marais salés du Canada se trouvent sous différents climats, allant du type tempéré au type arctique. Le présent chapitre étudie les aspects climatiques des régions de marais salés conjointement avec les régions de terres humides du Canada (Groupe de travail national sur les terres humides, 1986). Les données sur la températures et les précipitations de chacune de ces régions sont présentées au chapitre 1 (tableau 1–3).

Sur la côte du Pacifique, le secteur qui va de la frontière Alaska–Colombie-Britannique à la partie nord et la côte ouest de l'île de Vancouver est classé dans la région de terres humides océanique pacifique (OP). La majeure partie de l'île et la terre ferme adjacente font partie de la région de terres humides tempérée pacifique (TP). La végétation des marais salés le long de la côte de la Colombie-Britannique est assez uniforme, mais ressemble peu à celle des autres marais salés du Canada. Toutefois, il existe des similitudes avec les marais du sud de l'Alaska et des états du nord-ouest du Pacifique, y compris le Washington, l'Orégon et le nord de la Californie (Macdonald 1977).

Les marais salés de la côte atlantique du Canada se trouvent surtout dans la région de terres humides boréale atlantique (BA). Cette région comprend la partie inférieure du golfe du Saint-Laurent (Québec), les provinces Maritimes (Nouveau-Brunswick, Île-du-Prince-Édouard et Nouvelle-Écosse) et les côtes ouest et nord de Terre-Neuve. La côte sud de Terre-Neuve et les côtes du Labrador font plutôt partie de la région de terres humides subarctique atlantique (SA) et l'extrémité sud-est de Terre-Neuve appartient à la région de terres humides océanique atlantique (OA). La majeure partie des marais salés de la côte Atlantique du Canada sont caractérisés par une végétation semblable, dominée par *Spartina alterniflora*, une espèce qui pousse dans les marais bas.

L'autre aire importante de marais salés comprend les baies d'Hudson et James et la partie sud de l'archipel arctique. La côte, située entre la frontière Alaska–Yukon et l'anse Bathurst, se trouve dans la région de terres humides du Bas-Arctique (AB); à l'est, la plupart des marais se rencontrent dans la région de terres humides de l'Arctique moyen (AM). L'archipel arctique se trouve dans les régions de terres humides du Haut-Arctique et de l'Arctique moyen (AH; AM), où il y a très peu de marais salés. Il existe des étendues considérables de marais salés le long des

côtes de l'archipel arctique, notamment dans les îles Prince-Charles, Spicer Nord et Spicer Sud, Air Force, Southampton, Mansel et Coats du bassin de Foxe et leurs rives associées bordant la presqu'île Melville et la grande plaine de Koukdjuak dans la partie sud-ouest de la Terre de Baffin. La baie Creswell et des parties des côtes de l'arc île Somerset–Boothia, les basses terres du golfe Reine-Maude, les parties nord et est de la Terre de Victoria et les basses terres Truelove de l'île Devon sont également caractérisées par des marais côtiers et estuariens (C.D.A. Rubec, communication personnelle). Dans la baie d'Hudson, les marais salés se trouvent surtout le long des basses terres (Glooschenko et Martini, 1978) et font partie de la région de terres humides du Haut-Subarctique (SH); ils s'étendent du cap Henriette-Marie au nord jusqu'à la frontière du Manitoba et des Territoires du Nord-Ouest. Au nord de cette région il y a quelques marais salés peu étendus dans les régions du Bas-Arctique et de l'Arctique moyen.

La plupart des marais salés de la baie James appartiennent surtout à la région de terres humides du Bas-Subarctique (SB). La sous-région de terres humides du Boréal moyen humide se trouve en périphérie de l'extrémité sud de la baie James jusqu'au Québec, à une pointe au nord de la rivière Opinaca. La côte rocheuse orientale de la baie James fait surtout partie de la sous-région de terres humides du Haut-Boréal humide (BHh). Ici les marais salés sont assez semblables, dominés par *Puccinellia phryganodes*, espèce colonisatrice des marais bas. Les marais salés de toute cette région sont semblables aux marais salés circumpolaires du Groenland, de l'Europe septentrionale et de l'Alaska (Chapman, 1974; Beeftink, 1977).

Les marais salés des régions tempérée pacifique (TP) et océanique pacifique (OP) se ressemblent quand à la composition de leurs espèces. Il en va de même pour les marais salés dans les terres humides de l'Atlantique et des baies James et d'Hudson. La composition des espèces des marais salés dans l'Arctique, particulièrement dans le Bas-Arctique et l'Arctique moyen ressemble à celle des marais salés des baies James et d'Hudson, mais compte moins d'espèces. L'éloignement de ces marais salés a également limité le nombre d'études. On a peu étudié les marais salés du Labrador et du Nouveau-Québec donc il y a peu d'analyses des changements de végétation des marais salés en allant vers le nord de Terre-Neuve au Labrador.

Marais salés du Canada

Marais salés de la côte du Pacifique

Les trois principaux secteurs de marais salés côtiers du Pacifique se trouvent en Colombie-Britannique : (1) les îles de la Reine-Charlotte; (2) la partie continentale de la Colombie-Britannique, surtout la partie sud adjacente à la frontière Canada–États-Unis; et (3) l'île de Vancouver. Le secteur continental peut être divisé encore en deux sous-secteurs : celui de la partie sud de la Colombie-Britannique comprenant le delta du fleuve Fraser et la baie Boundary et celui de la région dominée par des fjords s'étendant de Squamish, au nord de Vancouver, jusqu'à la frontière de l'Alaska.

La côte du Pacifique est plus active tectoniquement que la côte de l'Atlantique. "La formation de montagnes a laissé peu de place aux basses terres côtières. Les estuaires et les lagunes représentent à peine de 10 à 20 % du littoral, un contraste marqué avec les 80 à 90 % pour les côtes de l'Atlantique et du golfe" (Macdonald, 1977). La majeure partie de la côte du Pacifique est caractérisée par un plateau relativement étroit. Il y a beaucoup de fjords profonds et d'îles (Owens, 1977; Clague et Bornhold, 1980). Les sédiments transportés localement jusqu'aux côtes sont dispersés dans les eaux profondes et il ne se produit aucune dérive importante le long du littoral ou accumulation côtière susceptible de favoriser la formation de marais étendus.

Des terrains marécageux étroits bordent les deltas à l'embouchure des fjords. Ce genre de marais s'est formé dans le delta de la rivière Squamish, au fond de la baie Howe (Luternauer et Murray, 1973). Les deux marais étroits et plutôt petits qui bordent les deux affluents sont caractérisés par un taux de sédimentation variant de 0.5 à 1.5 cm par année (Pomeroy et Stockner 1976). Ces marais et tout l'environnement de la région subissent, dans une certaine mesure, les contrecoups des activités industrielles, notamment la contamination par le mercure d'une partie isolée au moins.

Certains marais se sont formés dans les îles de la Reine-Charlotte où "des marais très salés, bordés par des plages de galets ou des vasières, sont profondément ravinés par des chenaux de marée. Entre les chenaux, le marais forme une terrasse recouverte de végétation inondée seulement lors d'orages ou de fortes marées" (Macdonald, 1977).

De vastes marais se sont formés dans le delta du fleuve Fraser. La superficie de ce delta n'a cessé de s'accroître depuis environ 11 000 ans avant notre ère (ANE). Pendant le début du processus de formation, le niveau de la mer était plus élevé qu'aujourd'hui et la mer pénétrait dans les parties inférieures des vallées de montagnes. Le niveau de la mer a baissé jusqu'en l'an 8 000 ANE environ; il était alors inférieur de 12 m à celui d'aujourd'hui. Le delta a réagi en conséquence et s'avança dans les basses terres émergentes. Vers l'an 5 000 ANE environ, la transgression avait permis à la mer d'atteindre presque son niveau d'aujourd'hui. Depuis lors, le delta a progressé régulièrement dans le détroit de Georgie et la mer a monté peut-être de 1 à 2 m (Clague et Luternauer, 1982). Plus récemment, le milieu naturel a été gravement perturbé par des activités humaines, comme l'endiguement des chenaux de marée et des rives ainsi que la construction dans les estrans marécageux de chaussées et de brise-lames pour les terminaux maritimes. Ces activités humaines ont modifié le

schéma de dispersion des sédiments à l'avant du delta, ce qui a accéléré localement les taux de sédimentation et réduit l'influence du panache d'eau douce sur certains marais protégés par des brise-lames artificiels (Clague et Luternauer, 1982).

La baie Boundary au sud du delta du fleuve Fraser, séparée de ce dernier par un promontoire du pléistocène (la pointe Roberts), est une importante échancrure caractérisée par des marais salés bien formés le long de ses côtes. À cause de la côte relativement escarpée et des marées relativement fortes (les marées maximales de vives eaux atteignent 4.1 m) les complexes marais–estrans marécageux ont été ravinés par les chenaux de marée (Swinbanks et Murray, 1981).

La plus vaste étendu de marais salés se trouve dans le sud de la partie continentale de la Colombie-Britannique. Cette région s'étend vers le nord de la frontière Canada–États-Unis autour de la baie Boundary, au-delà de la pointe Roberts, et jusqu'à l'embouchure du fleuve Fraser. La superficie des marais salés est d'environ 27 km^2 (Kistritz, 1978). Les marais salés côtiers sont limités aux aires qui échappent à l'influence de l'eau douce du fleuve Fraser, notamment l'aire de Tsawwassen au sud de la chaussée du terminal à charbon du banc Roberts et l'aire des marais salés de la baie Boundary.

La baie Boundary, isolée du panache du fleuve Fraser, et est caractérisée par de hauts et bas marais côtiers. Les marais salés, face à la mer, s'adossent à une digue artificielle (Kellerhals et Murray, 1969). Ils sont caractérisés par des méandres de chenaux à marée et des étangs où poussent des espèces d'eau douce. De la tourbe s'accumule. Les principales espèces de plantes des bas marais comprennent *Spergularia marina*, *Triglochin maritima*, *Salicornia europaea*, *Distichlis spicata*, *Plantago maritima*, *Cotula coronopifolia* et *Atriplex patula*. Les espèces des hauts marais sont *Hordeum jubatum*, *Elymus mollis*, *Aster* sp., *Achillea millefolium* et *Rumex crispus*. Yamanaka (1975) a observé que les 237 ha des marais de la baie Boundary étaient dominés par *Distichlis spicata*, *Salicornia virginica* et *Triglochin maritima*. Parsons (1975) a aussi décrit la végétation de la baie Boundary. Les marais de cette baie étaient d'abord constitués d'eau douce et ont été graduellement inondés par suite de l'élévation du niveau de la mer (Shepperd, 1981). La figure 9–2 présente un marais caractéristique de cette baie.

L'autre aire de marais salé côtier se trouve dans la région de Tsawwassen, au sud de l'embouchure du fleuve Fraser. Yamanaka (1975) en a étudié la végétation et observe qu'elle ressemble à celle de la baie Boundary. Les espèces mineures sont *Atriplex patula* et *Hordeum jubatum*. Dans les régions de sédimentation récente, *Triglochin maritima* est la principale espèce colonisatrice (figure 9–3). Hillaby et Barrett (1976) décrirent la succession de végétation de ce marais. Les estrans marécageux sont colonisés par *Salicornia virginica* et *Distichlis spicata*. Dans les hauts marais, *Grindelia integrifolia* et *Atriplex patula* abondent. Hillaby et Barrett (1976) estiment que la formation des marais cesserait si la sédimentation était réduite et que l'érosion par les vagues se produirait, détruisant ainsi le marais. Ils ont également souligné que l'endiguement atténuerait l'influence des inondations par les marées et que le marais salé se transformerait en marais d'eau douce. Olmstead et Fink (1982) ont effectué une autre étude dans ce marais en 1982, échantillonnant de nouveau les parcelles étudiées antérieurement par Hillaby et Barrett (1976). Les principales espèces du bas marais comprenaient toujours *Distichlis spicata*, *Atriplex patula*, *Salicornia virginica* et *Grindelia integrifolia*. Ils ont observés peu de changements, sauf une plus grande abondance de *Atriplex patula*, peut-être à cause de la réduction de *Salicornia virginica* attribuable à des ravages d'insectes. Trois espèces étaient plus abondantes—*Cuscuta salina*, *Hordeum jubatum* var. *breviaristatum* et *Triglochin maritima*. L'herbacée *Festuca rubra*, qui indique un stade ultérieur de succession, était également plus abondante. Hillaby et Barrett ont conclu que l'endiguement du marais avait peu d'effet sur les espèces primaires et qu'en fait il avait pu protéger le marais contre l'érosion. Ils ont également soutenu que tout endiguement doit permettre l'échange libre de l'eau de mer.

Figure 9–2.
Bas marais salé côtier dans la baie Boundary, Colombie-Britannique, et chenal de marée à l'avant-plan gauche.

Les marais à marée de la Colombie-Britannique se trouvent principalement à l'embouchure du fleuve Fraser. Ils peuvent être considérés comme des marais estuariens. Burgess (1970) a décrit les marais à partir de l'île Iona jusqu'à la pointe Brunswick au sud et a observé un bas marais estuarien caractérisé par *Scirpus americanus* et *Carex lyngbyei*. Les autres espèces importantes étaient *Scirpus maritimus*, *Scirpus lacustris* var. *validus* et *Eleocharis palustris*. Les facteurs influant sur la distribution des espèces sont notamment la

Figure 9–3.
Colonie de Triglochin maritima *sur des sédiments côté mer de la digue, près du terminal à charbon du banc Roberts, au sud de Vancouver, Colombie-Britannique.*

salinité de l'eau, l'étendue des inondations dues aux marées et le drainage. Dans les hauts marais estuariens exposés à l'influence de l'eau douce, *Typha latifolia* et *Scirpus validus* étaient les plus abondants. Forbes (1972) et McLaren (1972) ont décrit la distribution de la végétation dans cette région. Yamanaka (1975) a signalé que les principales espèces de plantes de bas marais étaient *Scirpus americanus*, *Scirpus maritimus* (= *paludosus*) et *Carex lyngbyei*, alors que *Typha latifolia* était une espèce de haut marais estuarien.

Moody (1978) a étudié la végétation de la pointe Brunswick et constate que l'eau est saumâtre et que *Scirpus americanus*, *Scirpus maritimus* et *Carex lyngbyei* constituent les principales espèces. Selon ses observations, la hauteur du marais par rapport au niveau de marée constitut un facteur capital dans la distribution de la végétation.

Kistritz (1978) a effectué une importante étude sur le rôle du cycle des éléments nutritifs et des détritus dans les marais du fleuve Fraser. Il a analysé le rôle de ces marais dans les chaînes alimentaires marines pour le transport des matières organiques et des éléments nutritifs dans les eaux du large. Kistritz et Yesaki (1979) ont également étudié la production primaire, le flux des détritus et le cycle des éléments nutritifs dans un marais à *Carex lyngbyei*.

Bradfield et Porter (1982) ont étudié la structure de la communauté végétale du marais Ladner, situé dans une petite île du fleuve Fraser. Ils y ont trouvé trois grandes zones de végétation. Dans les parties régulièrement inondées et drainées, spécialement le long des chenaux à marée, on trouve *Carex lyngbyei*. La zone le long des levées, est une zone d'herbacées–saules dominée par *Scolochloa festucacea* (= *Festuca arundinacea*), *Lathyrus palustris* et *Salix lasiandra*. Seules les plus fortes marées de tempête d'hiver inondent ces zones. Là où il y avait peu de drainage, une zone de plantes non ligneuses mixtes dominée par *Menyanthes trifoliata* domine. Le marais se termine au bord d'une forêt de plaine d'inondation. Aucune espèce caractéristique des eaux saumâtres n'a été observée dans l'île. Bradfield et Porter ont conclu que le profil de végétation était influencé par la physiographie et le drainage et que la hauteur n'était pas un bon indicateur de la végétation des marais. Hutchinson (1982) a étudié les interactions entre la végétation et l'environnement dans les marais des avant-plages de l'île Lulu. Il a observé trois zones différentes d'élevation : un bas marais dominé par *Scirpus americanus* et *Scirpus maritimus*, un moyen marais comprenant *Carex lyngbyei*, *Triglochin maritima* et *Scirpus maritimus* et un haut marais dominé par *Agrostis exarata*, *Potentilla egedii* (= *pacifica*), *Distichlis spicata* et *Typha latifolia*. L'exposition aux marées varie selon les trois zones : le bas marais est submergé de 16 à 21 heures; le moyen marais, 8 heures, au plus; et le haut marais peut être exposé plus de 200 heures d'affilée. Les interactions entre la hauteur et la hauteur–salinité étaient les principaux facteurs influant sur la distribution des plantes, alors que la texture et l'humidité du substrat étaient associées aux variations de l'abondance des espèces.

La végétation des marais côtiers de l'île de Vancouver a fait l'objet de plusieurs études. Bell et Kallman (1976a) ont étudié la flore des deltas dans les estuaires des rivières Cowichan et Chemainus. Dans les régions de l'estuaire de la rivière Chemainus soumises à l'influence de l'eau douce, poussaient *Carex* sp. et *Juncus* sp. En présence d'eau très salée, les espèces dominantes étaient *Salicornia virginica*, *Distichlis spicata*, *Hordeum jubatum*, *Potentilla egedii* (= *pacifica*), *Triglochin maritima*, *Atriplex patula* et *Achillea millefolium*. L'embouchure de l'estuaire de la rivière Cowichan a été davantage perturbée par l'industrie et l'agriculture et subit plus l'influence de l'eau douce que l'estuaire de la rivière Chemainus. Les deux principales espèces étaient *Carex lyngbyei* et *Juncus arcticus*. L'estuaire de la rivière Nanaimo a des eaux plus saumâtres (Bell et Kallman, 1976b). Les principales espèces sont *Juncus gerardii* et *Carex lyngbyei*. Bell et Thompson (1977) ont décrit l'estuaire de la rivière Campbell. Ils ont observé cinq communautés adaptées aux milieux salins : (1) *Carex lyngbyei*; (2) *Potentilla pacifica–Eleocharis palustris*; (3) *Deschampsia caespitosa*; (4) *Potentilla pacifica–Deschampsia caespitosa*; et (5) *Ruppia maritima*. La même végétation a été décrite pour l'estuaire de la rivière Courtenay (Morris *et al.*, 1979) et pour l'estuaire de la rivière Somass (Morris et Leaney, 1980).

La végétation de l'estuaire de la rivière Tsitika, également dans l'île de Vancouver, a été décrite par Ceska (1981). Dans le bas de l'estuaire, il y a une communauté de *Carex lyngbyei* de composition assez uniforme, sauf pour la rare présence de *Festuca rubra*. La majeure partie de l'estuaire est recouverte par une communauté de *Deschampsia beringensis*. Cette espèce

est accompagnée de *Festuca rubra*, *Potentilla egedii* (= *pacifica*) et *Hordeum brachyantherum*. Plus haut, sur les crêtes recouvertes de gravier, croît une communauté dominée par *Plantago maritima* et *Glaux maritima*. On peut y voir un haut marais estuarien puisque ces deux espèces tolèrent le sel.

Les communautés végétales d'estuaire des embouchures de 18 rivières de l'île de Vancouver ont été étudiées par Kennedy (1982). Elle a déterminé qu'il y avait 11 groupes de végétation, en fonction des six facteurs physiques importants suivants : (1) période de débit maximal des rivières; (2) relation entre le débit moyen des rivières d'avril à septembre et l'importance des deltas des rivières; (3) précipitations totales annuelles moyennes; (4) protection relative du delta de la rivière contre le vent et l'action des vagues; (5) granulométrie du substrat; et (6) fréquence et durée de l'inondation par les marées. Kennedy a également établi une clé des différents types d'estuaires.

Dawe et White (1982) ont effectué une étude détaillée d'un marais d'estuaire de la rivière Little Qualicum dans l'île de Vancouver. Ils identifient neuf communautés végétales en rapport avec les gradations d'élévation à partir de l'embouchure de la rivière :

(1) *Glaux*–communauté pionnière : dominée par des peuplements presque purs de *Glaux maritima* avec quelques individus de *Salicornia virginica* et *Puccinellia* sp.

(2) *Ruppia*–communauté aquatique : *Ruppia maritima* croissait dans le fond des chenaux et des étangs aux eaux dormantes.

(3) *Carex*–communauté en lisière de chenal : située à l'extrémité des chenaux de marée. L'espèce dominante était *Carex lyngbyei* avec quelques individus dispersés d'*Eleocharis palustris*, *Potentilla egedii* (= *pacifica*) et *Agrostis* sp. Une phase additionnelle mineure a été observée avec *Scirpus cernuus* sur de la vase anoxique exposée et *Typha latifolia* a été relevé dans le tronçon de l'extrémité est de l'estuaire.

(4) *Ranunculus*–communauté de prairie basse : communauté de bas marais estuarien broutée par le bétail et dominée par *Agrostis* sp., *Carex lyngbyei* et *Distichlis spicata*. Les autres espèces sont : *Ranunculus cymbalaria*, *Lilaeopsis occidentalis* et *Triglochin maritima*.

(5) *Carex–Agrostis*–communauté de talus : communauté établie sur le talus entre la lisière du chenal et la communauté des battures. Les espèces dominantes sont : *Agrostis* sp. et *Carex lyngbyei*, accompagnées de *Potentilla egedii* (= *pacifica*), *Eleocharis palustris*, *Triglochin maritima* et *Glaux maritima*.

(6) *Ranunculus–Juncus*–communauté de prairie haute : communauté à proximité de la communauté de prairie basse (*Ranunculus*) avec des espèces semblables, plus *Juncus balticus*, *Agrostis* sp. et *Carex lyngbyei*.

(7) *Deschampsia*–communauté de battures : communauté occupant la plus vaste partie du site étudié et où les espèces dominantes étaient : *Potentilla egedii* (= *pacifica*), *Juncus balticus* et *Carex lyngbyei*. *Deschampsia caespitosa* et *Trifolium wormskjoldii* poussaient également et *Triglochin maritima* et *Glaux maritima* étaient présents.

(8) *Juncus*–communauté de haut marais : située dans les tronçons supérieurs de l'estuaire, dominée par *Juncus balticus*, *Potentilla egedii* (= *pacifica*), *Agrostis* sp. et *Poa pratensis*. D'autres plantes non ligneuses et des herbes qui n'étaient pas présentes dans le bas marais d'estuaire croissent ici. Cette communauté cède la place à la forêt.

(9) *Rosa*–communauté de bancs de gravier : située sur des bancs de gravier fluviaux sans la végétation caractéristique des terres humides.

Dawe et White (1982) ont également étudié les facteurs physiques et chimiques influant sur les communautés des marais et ont mesuré la production primaire de pointe au dessus de la surface de ces marais salés. Les principaux facteurs influençant la végétation sont l'élévation, le type et la texture du sol et la salinité des eaux d'inondation. La conductivité du sol a peu d'influence.

Dawe et White (1986) ont étudié plus à fond l'estuaire Nanoose–Bonell près de Nanaimo, sur la côte est de l'île de Vancouver. Ils ont décrit huit communautés végétales, allant d'une communauté pionnière de *Salicornia* avec *Salicornia virginica*, *Glaux maritima*, *Spergularia canadensis* et *Plantago maritima* à une communauté de grande herbacées d'*Agropyron*. L'élévation varie de 2.79–3.82 m au-dessus du niveau de référence de la carte (ANRC) à 4.85–5.26 m ANRC pour la communauté du plus haut marais. La salinité exerce une influence considérable. Les communautés de marais salés ont été observées dans les endroits où la salinité était supérieure à 20 ‰. Quand la teneur en sel tombait sous ce niveau, les communautés d'eau douce ou saumâtre sont présentes. Parce que l'élévation empêche l'exposition/l'inondation des plantes, elle aussi exerce beaucoup d'influence. On a observé que la salinité détermine le type d'espèces présentes et leur distribution horizontale, alors que la texture détermine le type d'espèces en fonction des gradients verticaux du marais. Sur les sols à textures plus grossière, les communautés pionnières ont été observées plus haut dans le marais.

Il y a eu quelques études effectuées sur les marais côtiers de la Colombie-Britannique continentale, au nord du fleuve Fraser, elles portaient surtout sur les terres humides du delta de la rivière Squamish. Lim et Levings (1973) ont signalé 24 espèces de plantes dans les battures marécageuses. *Carex lyngbyei* constitue l'espèce dominante et les autres espèces courrantes sont *Eleocharis palustris*, les herbacées *Deschampsia caespitosa*, *Festuca rubra*, *Hordeum jubatum* (= *brachyantherum*), *Phalaris arundinacea* et *Agropyron repens* et une plante non ligneuse, *Potentilla egedii* (= *pacifica*). Les autres espèces importantes sont *Typha latifolia*, *Scirpus lacustris* var. *validus*, *Triglochin maritima*, *Sium suave* et *Cicuta maculata*. Ces dernières semblent indiquer la présence d'eau douce. Lim et Levings (1973) et Levings (1980a, 1980b) ont également signalé la perturbation considérable de ces

marais estuariens par des activités comme l'aménagement portuaire, l'exploitation forestière, les effluentsindustriels et les travaux de construction. Levings et Moody (1976) ont également étudié le delta de la rivière Squamish. Ils ont évalué la production primaire végétale et observé la reconstitution de la végétation à la suite de l'envasement produit par les travaux de draguage hydraulique. Ils ont observé que cette reconstitution pouvait se faire dans un an quand la couche de limon était mince mais qu'elle ne se produisait pas dans les autres zones.

Leaney et Morris (1981) ont examiné l'estuaire de la rivière Bella Coola au nord de la rivière Squamish. L'étage inférieur de la zone intertidale était colonisé par *Hippuris tetraphylla* et *Plantago maritima*. La zone suivante était dominée par *Eleocharis palustris* et cédait à son tour la place à une zone plus élevée de *Carex* sp., *Potentilla* sp. et *Trifolium* sp. Bell et Kallman (1976c) ont décrit l'estuaire de la rivière Kitimat. Dans la zone intertidale, les étages inférieurs étaient caractérisés par *Typha latifolia*, *Eleocharis* sp., *Scirpus cyperinus*, *Scirpus microcarpus*, *Scirpus lacustris* var. *validus*, *Carex obnupta* et *Carex lyngbyei*. Aux étages supérieurs du marais il y avait *Triglochin maritima*, *Salicornia virginica*, *Cuscuta salina*, *Suaeda maritima* et *Spergularia marina*.

Les anses des îles de la Reine-Charlotte abritent également des marais salés. Calder et Taylor (1968) ont observé que les marais les plus salés se trouvaient dans des milieux protégés par des plages de galets ou des vasières. Les principales espèces comprenaient *Deschampsia caespitosa*, *Hordeum jubatum* var. *breviaristatum* (= *brachyantherum*), *Festuca rubra*, *Triglochin maritima*, *Carex lyngbyei*, *Plantago macrocarpa* et *Stellaria humifusa*. Dans les marais estuariens plus exposés aux eaux saumâtres, les espèces importantes comprenaient *Triglochin maritima*, *Puccinellia angustata* (*pumila*), *Scirpus cernuus* et *Lilaeopsis occidentalis*. La figure 9–4 présente un marais caractéristique à *Carex lyngbyei*.

La composition des espèces végétales des marais côtiers de la Colombie-Britannique est semblable à celle des marais situés au sud dans l'Orégon et le Washington et au nord en Alaska (Macdonald, 1977). Dans certaines parties du Washington les marais se trouvent principalement dans des estuaires, sont dominés par *Carex lyngbyei* et abritent également d'autres espèces trouvées en Colombie-Britannique, comme *Distichlis spicata* et *Salicornia virginica* (Disraeli et Fonda, 1979; Burg *et al.*, 1980; Ewing 1983). Les marais de l'Orégon se trouvent plus souvent dans les estuaires et ont une végétation semblable (Jefferson, 1975; Seliskar et Gallagher, 1983). Dans le nord de la Californie, *Carex lyngbyei* disparaît et *Spartina foliosa* devient l'espèce dominante (Macdonald, 1977).

Dans le nord, les marais du sud de l'Alaska et ceux de la côte de la Colombie-Britannique se ressemblent. Encore une fois, *Carex lyngbyei* est l'espèce dominante dans les marais situés entre Juneau et l'anse Cook près d'Anchorage en Alaska (Crow, 1977; Macdonald, 1977). À l'anse Cook, les espèces plus caractéristiques des marais salés subarctiques et arctiques du Canada commencent à apparaître (Snow et Vince 1984; Vince et Snow 1984). Autre fait intéressant, *Carex lyngbyei* semble occuper la même position écologique dans les marais côtiers du Pacifique que *Carex paleacea* dans les marais subarctiques du Canada; on traitera de ce phénomène plus loin.

Marais salés de la côte de l'Atlantique

La côte atlantique de l'Amérique du Nord est caractérisée par des marais salés dominés par l'angiosperme marine *Spartina alterniflora*. Cette espèce colonise les bas marais salés du golfe du Mexique aux alentours de la Floride jusqu'à Terre-Neuve. *Spartina patens*, une espèce qui domine les hauts marais, croît aussi uniquement dans ces marais salés de l'Atlantique (Chapman, 1974; Reimold, 1977). Ce type de marais peut être considéré comme caractéristique des côtes tempérées et subarctiques de l'Atlantique en Amérique du Nord. *Spartina alterniflora* ne pousse pas ailleurs au Canada. La seule autre espèce de *Spartina* observée dans les marais salés est *Spartina foliosa* qui se trouve sur la côte du Pacifique en Californie (Macdonald, 1977).

Le long de la côte atlantique de l'Amérique du Nord, les marais les plus étendus se sont formés dans les basses terres de la côte américaine du centre et du sud, particulièrement en Caroline du Nord et du Sud et en Georgie. Au Canada, d'importants marais se sont formés seulement dans les baies soumises à de très fortes marées, comme la baie de Fundy, certaines anses le long de la Nouvelle-Écosse et du sud de Terre-Neuve, dans des terres protégées par des cordons littoraux dans le sud-ouest du golfe du Saint-Laurent au Nouveau-Brunswick et particulièrement dans les terres plates de l'Île-du-Prince-Édouard, ainsi qu'à certains endroits le long de la côte du Labrador. Aucun marais étendu ne s'est formé le long de la côte atlantique de la Terre de Baffin ni dans les îles de l'Arctique. Les principales raisons géologiques et physiographiques de cette distribution résident dans la prédominance des falaises rocheuses abruptes associées aux Appalaches et aux montagnes apparentées. Les marais se forment seulement dans les baies protégées où des sédiments s'accumulent depuis le pléistocène. La formation des vastes marais de la baie de Fundy et de l'Île-du-Prince-Édouard a été favorisée également par des sédiments fins facilement disponibles provenant respectivement de l'assisse rocheuse clastique facilement érodable du trias et du paléozoïque.

Les marées de la baie de Fundy sont parmi les plus hautes marées de l'hémisphère nord, jusqu'à 16 m par endroits. Dans les parties abritées du fond des baies, se forment par endroits des battures marécageuses escarpées, adossées à des marais salés (Yeo et Risk, 1981). La forte amplitude des marées et les terres affaissées favorisent, dans les marais, une sédi-

Figure 9–4.
Bas marais salé estuarien à Carex lyngbyei *situé dans les îles de la Reine-Charlotte, Colombie-Britannique.*

mentation de plusieurs mètres d'épaisseur (Scott et Greenberg, 1983). Les sédiments des marais sont constitués d'argile et de limon déposés au cours des cycles normaux ou extrêmes des marées, ainsi que de gros blocs apportés d'habitude par des radeaux de glace (Yeo et Risk, 1981). Roberts et Robertson (1986) ont étudié l'influence de la glace sur les marais salés de l'Atlantique.

Scott et Medioli (1978a, 1978b, 1979) et Scott et Greenberg (1983) ont effectué des études détaillées du changement relatif du niveau de la mer dans les Maritimes. Ils ont utilisé à la fois la datation des dépôts des marais au radiocarbone et le prélèvement de carottes pour identifier les anciens niveaux de l'océan en observant la variation entre les espèces de foraminifères des marais salés et celles des marais d'eau douce. Les Maritimes ont connu un abaissement relativement rapide du niveau de la mer à cause du soulèvement isostatique et du volume d'eau accru des océans suite à la fonte des glaciers. Toutefois, le niveau de la mer s'élève depuis environ 3 000 ans ANE de façon relativement lente mais constante, variant de 13 à 19 cm par siècle (Scott et Greenberg, 1983). Les variations dépendent de plusieurs facteurs comme les taux locaux de sédimentation, les amplitudes de marées et les taux différentiels de l'affaissement des terres attribuables à des ajustements isostatiques postglaciaires résiduels ou, dans d'autres parties du Canada, à des mouvements néotectoniques. Scott *et al.* (1981) ont confirmé, par exemple, l'inclinaison vers l'est de l'Île-du-Prince-Édouard au début de l'holocène, d'abord suggérée par Kranck (1972).

Ce chapitre étudie brièvement trois parties distinctes de la côte atlantique du Canada : (1) l'estuaire du Saint-Laurent au Québec; (2) la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick et l'Île-du-Prince-Édouard; et (3) Terre-Neuve et Labrador. Le chapitre 7 traite plus en détail de ces régions ainsi que de l'évolution des marais salés de l'Atlantique.

Marais salés de l'estuaire du Saint-Laurent

La salinité des marais de l'estuaire du Saint-Laurent varie de 0.2 ‰ à l'extrémité ouest (près de Montréal) à plus de 25 ‰ en aval (Gauthier, 1979; Gauthier *et al.*, 1980). La conjugaison de cette variation extrême de la salinité, du climat rigoureux et à l'influence de la glace pendant les mois d'hiver, restreint la composition, l'abondance et la répartition des espèces dans les marais salés. Dans la région de Gaspé, la formation de marais salés est limitée par les falaises rocheuses escarpées. Le long du littoral ouvert, les marais sont étroits et confinés aux anses et estuaires petits et abrités. En amont, des marais simples couvrent une vaste superficie, mais ont une flore différente. *Scirpus americanus* remplace *Spartina alterniflora* dans les parties inférieures des marais, alors que *Zizania aquatica* et *Sagittaria* spp. poussent dans les parties supérieures. Dans ces circonstances, il est difficile d'établir ou d'identifier un profil "caractéristique" des marais pour cette région.

Reed et Moisan (1971) ont décrit 5 communautés zonales caractéristiques de la rive entre Saint-Roch-des-Aulnaies et Trois-Pistoles au Québec. *Spartina alterniflora* domine l'étage inférieur du marais et croît souvent avec *Zostera marina* et *Salicornia europaea*. Cette zone est régulièrement inondée (sauf lors de marées faibles) et les levées de chenal sont souvent associées à la croissance plus luxuriante de *Spartina alterniflora*. La deuxième zone est dominée par *Spartina patens* et caractérisée par de nombreuses mares profondes où l'on trouve *Ruppia* spp. Une autre zone qui recoupe la deuxième est dominée par un mélange de plantes non ligneuses, comprenant *Limonium carolinianum* (= *nashii*), *Spergularia* spp., *Triglochin* spp., *Glaux maritima*, *Plantago* spp., *Ranunculus cymbalaria* et *Suaeda maritima*, que l'on trouve au bord de la mer. *Atriplex* spp., *Potentilla anserina* et *Hordeum jubatum* sont communs plus loin dans les terres. Plus haut sur la pente, *Carex paleacea*, *Juncus gerardii*, *Juncus balticus* et *Scirpus maritimus* sont inondés seulement par les marées les plus fortes. Les mares de cette zone sont moins nombreuses qu'aux étages inférieurs. Quand l'infiltration d'eau douce est courante, on peut trouver *Typha angustifolia* et *Sparganium eurycarpum*. Les mares d'eau de marée peuvent devenir très salées quand elles subissent une très forte évaporation. *Salicornia europaea* et *Spartina alterniflora* rabougries peuvent croître sur les bords de ces anciennes mares. Le

centre de ces parcelles dénudées est constitué de vase et de tapis d'algues. La partie ou la bordure la plus haute du marais est caractérisée par des arbustes et des herbacées dont *Myrica gale*, *Spartina pectinata*, *Carex* spp., *Calamagrostis* spp. et *Juncus balticus*. La figure 9–5 montre un marais caractéristique du bas du fleuve Saint-Laurent.

Gauthier (1982) a identifié trois communautés zonales dans le bas marais ("slikke") de l'île-Verte, Québec. Dans les parties les plus basses, une colonie dense de *Zostera marina* couvre le substrat. Dans les parties légèrement plus élevées, *Spartina alterniflora* constitue la communauté caractéristique du marais et, dans les parties les plus élevées, un sous-groupe de *Spartina alterniflora* a été relevé. Cette aire est caractérisée par *Salicornia europaea*, avec une présence mineure de *Spergularia canadensis*, *Spergularia marina* et *Atriplex* spp. Les trois communautés identifiées se trouvaient au-dessous de la laisse moyenne de haute mer.

Gauthier *et al.* (1980) ont décrit la végétation côtière d'une série de marais allant de Montréal à Cap-Chat au Québec. Les espèces caractéristiques de la partie la plus basse des marais sont notamment *Spartina alterniflora*, *Carex paleacea*, *Scirpus maritimus*, *Triglochin maritima*, *Ranunculus cymbalaria* et *Eleocharis* spp. *Spartina patens* croît au deuxième étage du marais et *Juncus gerardii* au suivant. *Limonium carolinianum* (= *nashii*) et *Glaux maritima* sont fréquemment observés à l'extrémité est de l'estuaire du Saint-Laurent.

Les communautés de marais de la rive sud de l'île d'Anticosti au Québec, comprennent *Spartina alterniflora*, qui pousse dans des cuvettes salées près de la côte. À la lisière de ces dépressions, *Juncus balticus* et *Festuca rubra* forment une communauté. Les espèces associées sont *Triglochin maritima*, *Potentilla anserina*, *Potentilla palustris*, *Spartina pectinata*, *Myrica gale*, *Iris versicolor*, *Carex lasiocarpa* et *Hierochloë odorata*. *Spartina alterniflora* domine les marais salés des Îles-de-la-Madeleine, dans le golfe du Saint-Laurent (Québec) et la composition des espèces est assez semblable à celle des marais salés des Maritimes (Grandtner, 1966; Thannheiser, 1981).

Marais salés de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick et de l'Île-du-Prince-Édouard

L'étude classique des marais salés de l'Atlantique dans la baie de Fundy (Nouvelle-Écosse) a été effectuée par Ganong (1903). Il a décrit une division halophyte de bas marais salés inondés par les marées et présentant des chenaux de marée. Le bas marais est dominé par *Spartina alterniflora*, que Ganong appelait *Spartina stricta*. Dans le haut marais, les principales espèces sont notamment *Spartina patens*, *Limonium carolinianum*, *Salicornia europaea*, *Atriplex patula*, *Hordeum jubatum*, *Glaux maritima*, *Triglochin maritima*, *Suaeda maritima* (= *linearis*), *Plantago maritima* et *Puccinellia maritima* (selon Scoggan (1978) il s'agit probablement de *Puccinellia americana*). Ces espèces des hauts marais sont caractéristiques des marais salés tempérés et des régions de terres humides boréales et subarctiques. Ganong a également décrit une division mésophyte qui comprenait des marais salés soumis à l'influence d'activités comme le pacage et les cultures. Sa division hygrophyte comprenait des marais d'eau douce et des bogs situés derrière les marais salés en direction de la terre.

Une première étude des marais salés de l'île du Cap-Breton (Nouvelle-Écosse) a été effectuée par Nicolas (1918). La composition des espèces végétales décrites est assez semblable à celle de la baie de Fundy, mais il a identifié deux espèces différentes—*Scirpus maritimus* et *Stellaria humifusa*. La première croît dans les marais côtiers du Pacifique et les marais boréaux; l'autre, dans les marais côtiers de l'Arctique et les marais boréaux. Ainsi, les marais salés de l'île du Cap-Breton semblent représenter une transition aux marais salés situés plus au nord. D'autres études des marais salés de la Nouvelle-Écosse ont été effectuées par Chapman (1937). Il a décrit une région intérieure de hauts marais salés caractérisés par *Juncus gerardii* et *Juncus balticus*, celui-ci étant également caractéristique des marais salés boréaux. Il a également décrit les profils de succession de ces marais, surtout en relation avec le fauchage des herbes. Chapman (1974) a résumé davantage la végétation de ces marais et l'a comparée à celle qui caractérise les marais salés de la Nouvelle-Angleterre (Nixon, 1982).

Figure 9–5.
Bas marais salé à Spartina alterniflora *situé près de Rivière-du-Loup, Québec, dans l'estuaire inférieur du Saint-Laurent.*

Patriquin (1981) a traité plus récemment des marais salés de la Nouvelle-Écosse. Il a décrit les trois secteurs importants de marais salés qui suivent. (1) Les marais de la baie de Fundy sont limités au tiers supérieur de la zone intertidale et sont caractérisés par *Spartina alterniflora* pour le bas marais et *Spartina patens* pour le haut marais. Ces marais ont été mis en valeur en grande partie et contribuent peu aux chaînes alimentaires marines à cause de leur élévation relativement grande. (2) Les marais de l'Atlantique, sont surtout de bas marais et jouent un rôle important dans les chaînes alimentaires marines. Les figures 9–6 et 9–7 présentent respectivement un bas marais et un haut marais caractéristiques de l'Atlantique. (3) Les marais salés de Northumberland ont une importance capitale pour les chaînes alimentaires marines. Ils ressemblent beaucoup aux marais de la côte est des États-Unis et sont extrêmement productifs pour les poissons et les oiseaux carnivores. La productivité primaire et le cycle des éléments nutritifs des marais de la Nouvelle-Écosse ont été étudiés à plusieurs reprises (Hatcher et Mann, 1975; Morantz, 1976).

Le long des côtes de l'Île-du-Prince-Édouard et du Nouveau-Brunswick, dans le sud du golfe du Saint-Laurent, se trouvent des marais salés. Du point de vue géomorphologique, ils se trouvent sous le vent des îles du cordon littoral. Ils ont d'habitude un substrat sableux (Lucas, 1980; Thannheiser, 1981). L'étage inférieur de ces marais est typiquement dominé par *Spartina alterniflora*, dont la production est la plus élevée le long des chenaux à marée. Dans les substrats très salés comme les cuvettes, les espèces caractéristiques sont *Salicornia europaea*, *Atriplex patula* et *Suaeda* spp. *Triglochin maritima* et *Plantago maritima* peuvent également croître dans les parties un peu plus hautes du bas marais et se prolonger dans le haut marais. Celui-ci est typiquement dominé par *Spartina patens* qui se trouve au-dessus de la laisse de haute mer. D'autres espèces qui peuvent s'y trouver sont *Potentilla anserina* (probablement *Potentilla egedii*), *Eleocharis* spp., *Glaux maritima*, *Carex paleacea*, *Scirpus maritimus* (dans les cuvettes remplies d'eau) et *Scirpus americanus*. Un peu plus haut, cette association cède la place à une communauté de prairie dont les principales espèces sont *Juncus gerardii*, *Agrostis stolonifera* (= *alba*), *Festuca rubra*, *Poa palustris*, *Puccinellia americana* (*Puccinellia maritima*), *Limonium carolinianum* et *Solidago sempervirens*. *Juncus balticus* peut également être présent à la lisière des prairies avec des espèces assorties de plantes non ligneuses. Dans les zones plus humides, les espèces de marais d'eau douce comprennent *Spartina pectinata*, *Typha latifolia* et *Scirpus lacustris* var. *validus*.

Marais salés de Terre-Neuve et du Labrador

Les études de la végétation des marais salés, des dunes et des plages de Terre-Neuve et de l'extrémité sud du Labrador ont été effectuées par Thannheiser (1981). Les côtes ouest et nord-est de Terre-Neuve comprennent plusieurs marais caractérisés par *Spartina alterniflora*. À l'occasion, *Salicornia europaea* colonise devant *Spartina alterniflora* les battures marécageuses en direction de la mer. Thannheiser a signalé que *Triglochin maritima* (= *gaspense*), *Scirpus americanus* et *Juncus balticus* poussent dans le haut marais. Dans les marais salés des autres parties de l'île, *Spartina alterniflora* était absente. Il a également décrit un marais salé caractéristique de Terre-Neuve dont les zones de végétation, depuis la mer en direction de la terre, sont dominées par : (1) *Eleocharis parvula*; (2) *Puccinellia ambigua* (= *paupercula*); (3) *Triglochin maritima* (*Triglochin gaspense*); (4) *Plantago maritima–Carex subspathacea*; (5) *Ruppia maritima* (dans les étangs peu profonds); (6) une association de *Plantago maritima* avec d'autres espèces dont plusieurs plantes non ligneuses; (7) *Ranunculus cymbalaria*; (8) *Eleocharis halophila*; (9) *Scirpus rufus*; (10) *Carex mackenziei*; et (11) *Carex paleacea*. C'est un marais unique qui semble se former dans des eaux plus saumâtres. Bon nombre de ces espèces poussent également dans les marais salés boréaux; par exemple, le long de la côte de la baie James. Au Labrador, les marais salés sont limités quant au nombre et à la largeur des zones de végétation. Thannheiser a décrit un marais de la baie Pinware, au Labrador; *Eleocharis parvula* en est l'espèce colonisatrice avec des bandes de *Triglochin maritima* et *Carex paleacea* qui poussent en direction de la terre. Un autre marais dans la baie Red (Labrador) était colonisé par *Puccinellia ambigua* suivie de *Carex paleacea* en direction de la terre. Ces deux marais se trouvent à la pointe sud du Labrador.

Roberts et Robertson (1986) ont étudié les marais salés des baies Kaipokok et Groswater au Labrador. La baie Kaipokok est située au centre de la côte du Labrador, au nord-est de Makkovik. Les marais saumâtres sont caractérisés par des espèces qui tolèrent le sel comme *Triglochin maritima*, *Carex paleacea*, *Glaux maritima* et *Potentilla egedii*. Ces plantes sont également caractéristiques des basses terres de la baie d'Hudson qui se trouvent dans les régions boréale et subarctique de terres humides. Les marais salés de la baie Groswater se divisent en trois grandes zones de végétation : les vasières intertidales, les communautés de cuvettes et les communautés de prairies. Encore une fois, la végétation, composée d'espèces de marais salé, est semblable à celle des basses terres de la baie d'Hudson. Roberts et Robertson (1986) ont signalé la présence de *Spartina alterniflora*; c'est la présence la plus nordique de cette espèce signalée dans la documentation. Les principaux facteurs qui influencent ces marais sont l'étendue de la sédimentation, la distribution de sel, l'étendue des varechs et la consommation des plantes par la sauvagine.

Marais salés du nord du Canada

La plupart des marais salés septentrionaux du Canada se trouvent dans les régions côtières du Yukon et des Territoires du Nord-Ouest, dans le littoral des

Figure 9–6.
Bas marais salé à Spartina alterniflora. *Negro Harbour, Nouvelle-Écosse.*

Figure 9–7.
Haut marais salé dominé par Spartina patens, *dans un chenal des environs de Yarmouth, Nouvelle-Écosse.*

baies d'Hudson et James en Ontario et au Manitoba, et dans le nord du Québec et du Labrador. Les marais les plus vastes et les plus diversifiés se rencontrent sur le littoral ouest des baies d'Hudson et James. Le secteur des basses terres de la baie d'Hudson, s'étend sur 1 700 km, de l'extrémité sud de la baie James jusqu'à Churchill au Manitoba et constitue la plus longue étendue au monde de littoral émergent à faible gradient. Les marais salés couvrent de 85 à 90 % des basses terres du littoral.

Le milieu arctique "... est rigoureux, spécialement en hiver, et les marais semblent quelque peu fragmentaires" (Chapman, 1977). Dans ce milieu hostile, seules des associations floristiques restreintes peuvent se former (Walter, 1977). En outre, les côtes des mers arctiques sont fortement remodelées par l'action de la glace. "Dans les marais salés, il n'existe pas de communautés bien formées—mais plutôt une mosaïque de différentes espèces de plantes dont l'étendue et l'âge sont déterminés par la fréquence de l'action perturbatrice des glaces" (Macdonald, 1977). Les marais côtiers ouverts, souvent d'une superficie de quelques mètres à peine, se trouvent fréquemment le long de rives plates et rocheuses. Les marais sont un peu plus étendus mais tout de même restreints dans les régions deltaïques dont la plus remarquable est celle du fleuve Mackenzie, et dans les régions plus abritées et moins soumises à l'action de la glace de banquise.

Finalement, dans la plupart des régions arctiques la formation de marais est freinée par l'absence de grandes quantités de limon et d'argile le long de la côte. Ce phénomène est causé par deux facteurs importants. Premièrement, une grande partie des détritus fins transportés par les rivières qui coulent vers le nord sont dispersés au large des côtes, soit par les panaches fluviaux pendant le bref été quand la mer est libre de glace, soit par des radeaux de glace, lors de la débâcle du printemps. Le reste de l'année, même si l'écoulement des rivières subsiste, peu de sédiments sont transportés vers la mer et, quand ils le sont, ils sont dispersés sous la glace de banquise. Toujours est-il que seule une petite partie des sédiments fins peut être remise en suspension et dispersée par les marées généralement faibles des mers du Nord. Deuxièmement, la météorisation, surtout les processus du gel, transforme les roches sédimentaires, ignées et métamorphiques de ces contrées nordiques, en blocs, en cailloux et en grains de sable plutôt qu'en limon ou en argile.

De vastes marais se trouvent le long des côtes sud-ouest des baies d'Hudson et James et du bassin de Foxe, une région de vastes bassins cratoniques qui ont persisté depuis l'époque précambrienne. Les roches carbonatées, les schistes calcaires et les grès du paléozoïque, qui reposent en couches presque plates ou légèrement inclinées en direction de ces bassins, couvrent la majeure partie de l'assise rocheuse du bassin et forment les rives sud-ouest des baies d'Hudson et James, les rives sud de l'île Southampton et des îles voisines au nord, notamment Prince-Charles, Air Force et les îles Spicer ainsi que les rives est du bassin de Foxe (Heywood et Sanford, 1976). La plupart des autres côtes de cette contrée reposent sur un terrain précambrien plus accidenté, généralement raclé par des glaciers du pléistocène qui ont fondu sur place.

Les plus vastes marais se sont formés sur les côtes plates reposant sur des roches sédimentaires du paléozoïque. Il y a beaucoup de limon qui provient surtout de la pulvérisation des matériaux de l'assise rocheuse par les glaciers et de la redistribution par les marées semi-diurnes d'une amplitude de 1 à 3 m. De vastes marais se sont formés dans les anses, où ils donnent sur de grandes vasières influencées par la marée ou s'abritent derrière des levées de plage (Martini, 1981a, 1982). Certains marais, moins étendus, se sont formés le long des côtes précambriennes, surtout dans les baies des estuaires et dans les principaux deltas (Dionne, 1980). Les marais des baies d'Hudson et James sont marqués par des traces d'érosion et des sédiments transportés par la glace de mer (Martini, 1981b). Toutefois, comme la mer est libre de glace pendant six mois de l'année et qu'il n'y a pas de pergélisol sur la côte dans les parties sud, de vastes marais côtiers réguliers peuvent se former. Les plaines côtières du bassin de Foxe et leurs rives sud-est sont recouvertes par de vastes vasières et marais, très utilisés par des oiseaux migrateurs. Plusieurs refuges nationaux d'oiseaux migrateurs, dont Dewey Soper, Harry Gibbons, East Bay et rivière McConnell, sont situés dans cette région.

Marais salés de l'Arctique

Les marais salés couvrent moins de 5 % de la côte arctique du Canada, qui est pourtant étendue. L'affouillement par la glace, l'érosion, les faibles amplitudes des marées, le climat rigoureux et les conditions du sol confinent les marais salés aux estuaires et aux anses protégées. Même là, la végétation est éparse, les espèces sont peu nombreuses et il n'y a pas de communautés végétales comme au sud. La végétation est composée surtout d'herbacées vivaces à faible croissance, qui se répand par multiplication végétative.

Les études des marais salés de l'Arctique canadien se limitent à des inventaires floristiques de régions choisies. Polunin (1948) a décrit les marais salés de l'Arctique est et des îles de l'archipel Arctique. Porsild (1955) et Jefferies (1977) ont décrit la flore de l'Arctique canadien ouest.

Les îles de la région des terres humides de l'Arctique moyen abritent les marais salés les plus septentrionaux du Canada. Les marais les plus au nord décrits jusqu'à présent se trouvent dans la Terre d'Ellesmere. Polunin (1948) a observé une végétation éparse dans les marais salés à l'embouchure des cours d'eau et dans les battures vaseuses. *Puccinellia phryganodes* et *Stellaria humifusa* poussent dans les régions les plus humides, *Cochlearia officinalis* et *Carex maritima*, sur des monticules. Polunin (1948) a observé 13 espèces dans les régions côtières abritées des îles Devon, Cornwall et Somerset. Des tapis d'algues, présents dans les zones riparienes touchant la mer, ont graduellement été colonisés par *Puccinellia phryganodes*. Jefferies (1977) a observé que *Puccinellia phryganodes* avait une plus forte croissance en présence d'algues en décomposition, ce qui indique que les carences en éléments nutritifs limitent la croissance. Les autres espèces des zones sableuses ou vaseuses du bas marais sont *Stellaria humifusa*, *Carex salina* et *Carex ursina*. *Mertensia maritima* croît dans les zones sèches au-dessus de la laisse de haute mer. Dans l'île Bylot, *Puccinellia langeana* forme, le long des rives des lagunes, des "pelouses" continues, broutées au ras du sol par la bernache du Canada (*Branta canadensis*) (S.C. Zoltai, communication personnelle). Jefferies (1977) a décrit un transect côtier de 50 m le long des basses terres Truelove dans la partie nord de l'île Devon où des espèces, comme *Dupontia fisheri*, *Carex aquatilis* et la mousse, *Drepanocladus uncinatus*, indiquent l'influence de l'eau douce, drainée depuis l'intérieur de l'île, sur les étages supérieurs du marais. Porsild (1955) a décrit un complexe de marais salés bien formés dans l'anse Minto de la Terre de Victoria, où la végétation a poussé le long d'une série de crêtes et de dépressions parallèles à la rive. Dans les dépressions, *Puccinellia phryganodes* est l'espèce dominante. D'autres espèces présentes sont : *Equisetum variegatum*, *Eriophorum scheuchzeri*, *Juncus biglumis*, *Melandrium apetalum*, *Cochlearia officinalis* et *Epilobium palustre* (= *arcticum*). Plusieurs de ces espèces poussent habituellement en eau douce et leur présence indique la faible salinité (environ 10 ‰) des eaux arctiques provenant de la fonte de la glace de mer pendant l'été.

La périphérie du delta du Mackenzie est caractérisée par la végétation la plus diverse du littoral arctique canadien (Porsild, 1955). Les raisons en sont doubles : en premier lieu, de vastes zones du Yukon ont échappé à la glaciation ce qui a permis à des espèces alpines de la Colombie-Britannique de migrer vers le nord et, en deuxième lieu, l'apport d'eau douce du Mackenzie produit un gradient entre l'eau douce et l'eau salée dans les eaux côtières. Jefferies (1977) a observé *Hippuris tetraphylla*, *Dupontia fisheri* et *Arctophila fulva* dans l'eau de mer à Tuktoyaktuk (Territoires du Nord-Ouest) un site soumis à l'influence du delta du Mackenzie. Là, *Carex ramenskii* forme, dans le marais, des tapis luxuriants de l'étage inférieur jusqu'à l'étage supérieur.

Marais salés subarctiques de la baie d'Hudson et du nord-ouest de la baie James

La végétation des marais salés, semblable à celle de l'Arctique, se trouve dans le Bas-Subarctique et le Haut-Subarctique. Le principal emplacement des marais salés dans le Bas-Subarctique s'étend de l'embouchure de la rivière Attaouapiskat sur la côte de la baie James, en direction du nord, jusqu'au cap Henriette-Marie en Ontario. Les marais salés du Haut-Subarctique s'étendent plus au nord le long de la baie d'Hudson en Ontario jusqu'aux environs de la frontière Manitoba–Territoires du Nord-Ouest. Certaines terres côtières de Terre-Neuve font partie de la

sous-région de terres humides océanique atlantique du Subarctique atlantique océanique (SAo) et certaines terres du Labrador appartiennent à la sous-région de terres humides du Subarctique atlantique des côtes (SAc), lesquelles sont décrites au chapitre 7. La composition végétale des marais salés de ces deux sous-régions ressemble à celle des marais salés de l'Atlantique, qui a été décrite dans une section antérieure de ce chapitre.

Les basses terres côtières des baies d'Hudson et James ont été étudiées en détail. Des études multidisciplinaires, combinant la pédologie, la sédimentologie, la géomorphologie, la composition et la productivité végétales et les habitats des oiseaux de rivage, nous ont fourni un tableau global de l'écologie de ces régions (Glooschenko et Martini, 1978; Martini et Protz, 1978; Martini *et al.*, 1979; Glooschenko, 1980; Martini *et al.*, 1980a; Martini *et al.*, 1980b). On s'est basé sur ces études pour identifier quatre écosystèmes le long des côtes boréales et subarctiques des baies d'Hudson et James (Glooschenko, 1980) : (1) marais salés; (2) marais d'eau saumâtre; (3) marais estuairiens; et (4) littoral à mode battu abritant peu de marais.

Les premières études de la végétation de ces milieux ont été réalisées par Ritchie (1957), qui a décrit brièvement l'embouchure de la rivière Churchill au Manitoba, et par Schofield (1959), qui a réalisé une étude plus détaillée. Les espèces dominantes étaient *Carex subspathacea* et *Puccinellia phryganodes*. Une étude beaucoup plus détaillée a été effectuée à la baie La Pérouse, près de Churchill (Manitoba) par Jefferies *et al.* (1979). La principale espèce, *Puccinellia phryganodes*, colonise les battures marécageuses exposées aux eaux très salées. Elle est associée à *Carex subspathacea*, *Potentilla egedii* et *Cochlearia officinalis* var. *groenlandica*. Dans le haut marais, plusieurs espèces de plantes non ligneuses sont présentes, notamment *Stellaria humifusa*, *Chrysanthemum arcticum*, *Senecio congestus*, *Plantago maritima* et *Ranunculus cymbalaria*. Dans les eaux peu salées, par exemple à l'embouchure de la rivière Mast, *Hippuris tetraphylla* est l'espèce dominante. Ces marais côtiers sont remplacés à l'intérieur des terres par des fens. Pendant l'été, l'oie des neiges (*Anser caerulescens*) se nourrit dans cette région (Jefferies *et al.*, 1979).

Kershaw (1976) a effectué une étude détaillée des marais côtiers de l'île East Pen à la frontière Ontario–Manitoba. La végétation ressemble à celle des environs de Churchill. Kershaw a décrit un milieu de marais intermédiaire dominé par *Dupontia fisheri* et *Calamagrostis neglecta*. Ce milieu cède la place à un vaste fen dominé par *Carex aquatilis*.

Glooschenko et Martini (1981) ont étudié les successions de végétation des marais salés à quatre endroits de la côte de la baie d'Hudson en Ontario (figure 9–8). L'espèce colonisatrice est *Puccinellia phryganodes*, sauf près des terres où le débit des rivières est élevé, *Hippuris tetraphylla* y étant l'espèce dominante (figure 9–9). Le bas marais côtier cède la place au haut marais côtier où poussent *Carex subspathacea*, *Potentilla egedii* et une couverture limitée de diverses espèces de plantes non ligneuses. Il peut y avoir des cuvettes dénudées très salées. Le haut marais cède la place à un bas-plateau salé où poussent *Festuca rubra* et plusieurs espèces de *Salix* et de plantes non ligneuses. Cet endroit reçoit des eaux salées seulement pendant les marées maximales de vives eaux ou les grandes marées de tempête; il n'est pas assez humide pour être considéré comme un marais. L'association du haut marais cède le pas à des fens où croissent *Calamagrostis neglecta*, *Carex aquatilis*, *Carex glareosa* et plusieurs espèces de *Salix*.

Glooschenko (1983) a décrit la végétation de 22 transects de marais salés situés sur les rives ontariennes des baies d'Hudson et James dans les régions du Haut-Subarctique et du Bas-Subarctique. Encore une fois, les bas marais sont tous dominés par *Puccinellia phryganodes*; les hauts marais par *Carex subspathacea* et *Hippuris tetraphylla* se trouve à l'embouchure des rivières (figure 9–10).

Les marais salés des régions subarctiques et arctiques du Canada sont semblables à ceux du nord de l'Alaska. Taylor (1981) a étudié la végétation des marais de la mer Tchouktche et les côtes de la mer de Beaufort en Alaska et a observé que *Puccinellia phryganodes* et *Carex subspathacea* y dominaient les bas marais et *Carex ramenskii* et *Dupontia fisheri*, les haut marais. Les marais salés de la baie Disko au Groenland ressemblent aussi à ceux des régions subarctiques et arctiques du Canada (Vestergaard, 1978). En outre, il y a des similitudes avec les marais salés du nord de l'Europe (Chapman, 1974; Beeftink, 1977).

Marais salés de la région boréale de la baie James

Les marais salés se forment dans les parties protégées du littoral de la baie James qui ne sont pas directement influencées par l'apport d'eau douce provenant de l'embouchure des rivières. Des formations végétales caractéristiques se forment dans les bas marais et les hauts marais et même de petites variations de hauteur (de 8 cm) peuvent entraîner une transition entre une formation végétale et une autre. Les marais salés sont très bien formés dans le sud de la baie James où un certain nombre de communautés végétales distinctes, dominées par une ou deux espèces, occupent de vastes bandes parallèles à la côte. Les étages supérieurs et inférieurs d'un marais salé sont fonction de l'amplitude maximale de la marée, mais l'emplacement des communautés végétales dans un marais résulte des interactions complexes entre les propriétés physico-chimiques des sédiments transportés par les marées, la topographie du marais et les modes de drainage locaux.

La composition végétale des marais salés des basses terres du nord de la baie d'Hudson est semblable à celle des régions arctiques et subarctiques du Canada, de l'Alaska, du Groenland et de l'Europe septentrionale (Chapman, 1974) et est caractérisée par

des vivaces à faible croissance, qui se répandent la plupart par multiplication végétative. La richesse des espèces augmente généralement vers l'intérieur des terres. Un certain nombre d'études floristiques détaillées des marais côtiers de la baie James ont été effectuées (Glooschenko et Martini, 1978; Riley et McKay, 1980; Martini *et al.*, 1980b). *Puccinellia phryganodes* domine le bas marais (figure 9–11). *Puccinellia* spp. poussent mieux dans des sédiments sableux saturés d'eau et se reproduisent par des stolons qui sont brisés par les marées et se réimplantent souvent dans des zones intertidales colonisées par des algues. Les sédiments de l'avant-plage sont remodelés considérablement par la glace et, par conséquent, le bas marais est alvéolé de mares. Toutes les zones sont caractérisées par des affouillements glaciaires, comme des stries longitudinales et des dépressions irrégulières modelées par la glace et dont bon nombre retiennent l'eau pendant toute la durée du printemps et de l'été (Dionne, 1972, 1976, 1978; Martini et Protz, 1978, Martini *et al.*, 1980b). *Ruppia maritima*, *Zannichellia palustris* et des spécimens dispersés de *Scirpus maritimus* poussent dans les mares de l'étage inférieur du marais (Glooschenko et Martini, 1978), cependant, *Puccinellia lucida* croît souvent à la lisière de ces mares.

Dans certains marais, particulièrement dans le nord-ouest de la baie James, la zone de *Puccinellia phryganodes* du bas marais fait directement place à une communauté de *Carex subspathacea* de haut marais. Toutefois, dans les marais salés situés plus au sud, *Puccinellia* sp. est suivie d'une association de *Plantago maritima–Puccinellia lucida* à environ 0.5 m au-dessus de la laisse moyenne de haute mer. Une communauté saline, caractérisée par des espèces comme *Triglochin maritima*, *Potentilla egedii*, *Festuca rubra* et *Hordeum jubatum*, peut dominer les étages moyens du marais où l'inondation par les marées se produit seulement pendant les temps d'orage. L'évaporation subséquente peut produire des sols très salés ainsi que des cuvettes salées. L'halophyte essentielle, *Salicornia europaea*, colonise d'habitude les cuvettes (Kershaw, 1976; Glooschenko et Martini, 1978). La figure 9–12 décrit un marais de ce type.

Cette zone de transition, formée vraisemblablement par le ruissellement d'eau douce, apparaît uniquement dans les marais salés des régions subarctiques et arctiques de l'Amérique du Nord. Les réseaux de drainage des terres peuvent présenter des conditions variant de l'insuffisance à un bon développement. *Carex paleacea* est d'habitude l'espèce dominante des marais; elle colonise des sédiments non salés dénudés et peut supporter à l'occasion l'inondation par les marées. Des espèces indicatrices de fens, comme *Menyanthes trifoliata*, sont souvent présentes dans cette zone. Là où il y a des mares, *Scirpus maritimus* s'établit rapidement dans les sédiments mous du fond. Dans certaines régions, *Hippuris vulgaris* et *Zannichellia palustris* sont codominants. Tout semble indiquer que les activités de la bernache du Canada et de la petite oie des neiges qui se nourrissent dans les marais et les piétinent intensivement peuvent modifier l'étendue des marais et les tracés de drainage dans l'étage supérieur des marais (Martini et Protz, 1978; Jefferies *et al.*, 1979).

La zone fen–marais d'eau douce qui délimite l'étendue du marais salé en direction de la terre donne lieu souvent à des communautés d'anciennes levées de plages dominées par une association *Juncus balticus–Salix* spp. Les marais et les fens d'eau douce se trouvent derrière les levées en direction de la terre.

Martini et Glooschenko (1983/1984) ont étudié la géologie, la géomorphologie et la végétation du littoral de l'île Akimiski de la baie James (Territoires du Nord-Ouest). Les marais de l'île sont semblables à ceux du continent; le bas marais est dominé par *Puccinellia phryganodes* et le haut marais, par *Carex subspathacea* et *Festuca rubra*. Il y a aussi diverses plantes non ligneuses. Les mares comptent plusieurs espèces de plantes tolérant le sel, par exemple, *Senecio congestus*, *Hippuris tetraphylla* et *Potamogeton filiformis*. Le bas marais est très brouté par la bernache du Canada. Riley (1981) a décrit la végétation de l'île.

Les marais saumâtres se trouvent en aval des embouchures des principales rivières. Comme les courants littoraux de la baie James circulent surtout dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, les marais saumâtres se trouvent au sud d'importantes rivières, telles l'Attawapiskat et la Harricana, et dans la baie Hannah, à l'extrémité sud de la baie James (Glooschenko, 1980; Glooschenko et Martini, 1987). La végétation littorale de ces marais indique l'in-

Figure 9–8.
Levée de plage — complexe de marais salés faisant face à la terre, sur la côte ontarienne de la baie d'Hudson.

Figure 9–9.
Colonie de Puccinellia phryganodes *sur des sédiments, au nord de l'embouchure de la rivière Winisk, baie d'Hudson, Ontario.*

Figure 9–10.
Étendue de marais salés côté mer d'une levée de plage, au nord de la pointe Ekwan, baie James, Ontario.

fluence de l'eau douce. Les principales espèces sont notamment *Eleocharis palustris, Carex paleacea, Hippuris tetraphylla* et *Scirpus maritimus*. Des espèces caractéristiques des marais salés peuvent croître à l'intérieur des terres à cause des marées de tempête qui transportent de l'eau saumâtre jusqu'aux étages supérieurs. Cette eau peut s'évaporer et accroître la salinité. Toutefois, Ewing et Kershaw (1986) estiment que d'autres facteurs hydrologiques peuvent expliquer ce phénomène.

Les marais estuariens se trouvent à l'embouchure des rivières ou dans les environs de l'embouchure. La végétation est plus caractéristique des marais d'eau douce de l'intérieur. Les espèces caractéristiques dominantes sont notamment *Eleocharis palustris, Scirpus lacustris* var. *validus, Scirpus americanus* et plusieurs espèces de *Carex*, de *Juncus* et de *Potamogeton*. Glooschenko et Martini (1983) ont étudié un marais dans l'estuaire de la rivière Attaouapiskat : ils y ont étudié les terres humides sur 12 km du cours inférieur de la rivière où ils ont observé des marais dont les eaux variaient de salées/saumâtres à douces. La végétation de l'embouchure est dominée par *Potamogeton richardsonii* submergée et *Sagittaria latifolia* émergée, l'une et l'autre des espèces fluviatiles caractéristiques des eaux douces. Sur la berge, deux espèces d'eau saumâtre, *Carex paleacea* et *Hippuris tetraphylla*, sont abondantes. Des espèces de marais salé telles *Puccinellia phryganodes, Puccinellia lucida, Triglochin maritima* et *Scirpus maritimus* se trouvent un peu plus loin de la rivière. Plus loin de l'embouchure, en amont, les marais sont dominés par *Eleocharis* spp., *Hippuris tetraphylla, Carex paleacea* et *Carex aquatilis*. Ringius (1980) décrit les marais à l'embouchure de la Kapiskau, située au sud de la rivière Attaouapiskat. La colonie de *Hippuris tetraphylla* observée indique la présence d'eau saumâtre. Ewing et Kershaw (1986) ont également étudié les milieux humides de l'estuaire de la Harricana dans le sud de la baie James.

Plusieurs autres petits marais estuariens ou d'eau saumâtre se trouvent sur le littoral québecois de la baie James. Le Bouclier canadien sur la côte est de la baie James ne favorise pas la formation de vastes battures marécageuses telles que celles de la côte ouest de la baie. Les marais sont situés à l'embouchure des rivières et dans les baies comme la baie de Rupert (Lamoureux et de Repentigny, 1972; Lamoureux et Zarnovican, 1972; Laverdière et Guimont, 1975) et la baie des Oies (Lamoureux et Zarnovican, 1974). Étant donné les grandes quantités d'eau douce fournies par les rivières, ces marais ne sont pas salés. Les marais estuariens se forment là où l'influence des rivières est limitée et les principales espèces comprennent alors *Carex paleacea, Scirpus maritimus* et *Hippuris tetraphylla*. Les marais d'eau douce sont dominés par *Eleocharis* sp., *Scirpus lacustris* var. *validus, Scirpus americanus, Calamagrostis neglecta, Potamogeton* sp., *Deschampsia caespitosa, Carex glareosa* et autres. Les espèces qui tolèrent une forte salinité, comme *Salicornia europaea, Puccinellia lucida, Atriplex patula* et *Suaeda maritima*, sont confinées à des endroits où l'eau salée retenue peut s'évaporer, comme

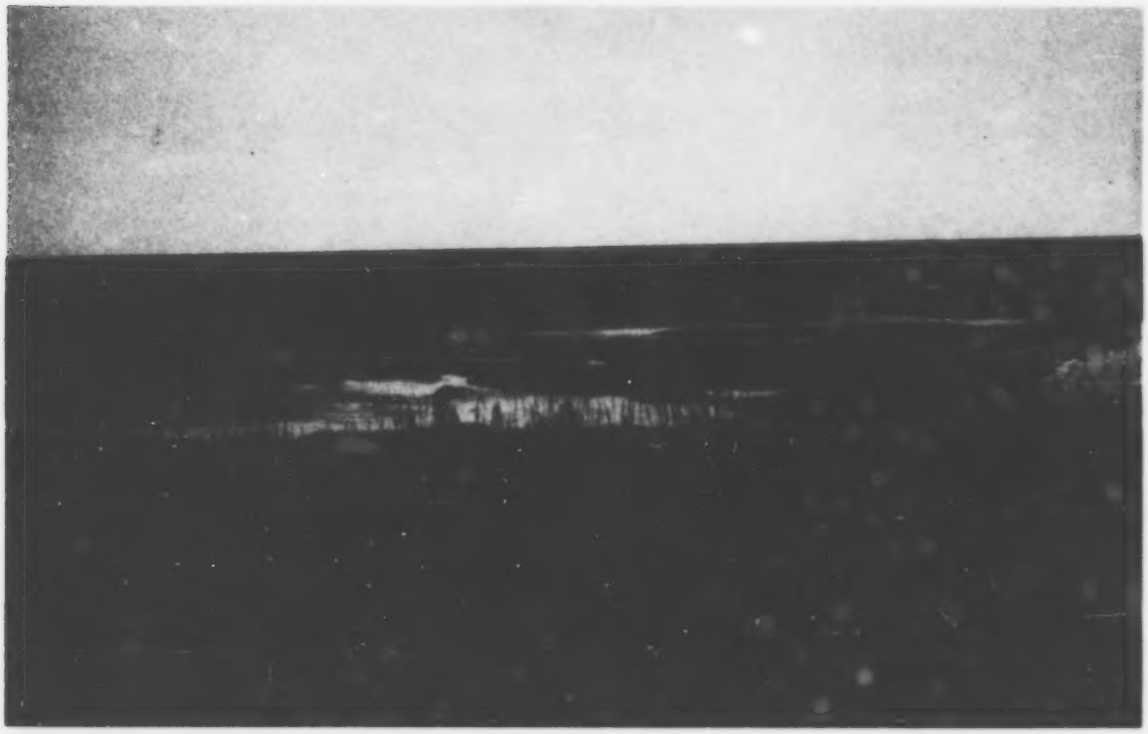


Figure 9–11.
Bas marais salé avec Puccinellia phryganodes *et* Carex subspathacea *côté mer d'une levée de plage, pointe Longridge, baie James, Ontario.*

dans les environs de la baie de Cabbage Willow. Les auteurs ne connaissent pas les données pour les côtes québécoises de la baie d'Hudson, du détroit d'Hudson ou de la baie d'Ungava.

Importance écologique des marais salés

Les marais salés sont considérés comme des écosystèmes extrêmement importants et le public se préoccupe beaucoup des dangers que posent le drainage à des fins agricoles, les pressions urbaines et industrielles et le développement énergétique. La section suivante traite de ces facteurs. On attribue de nombreuses valeurs écologiques aux marais salés dont le transport des éléments nutritifs et des matières organiques aux eaux côtières adjacentes, l'utilisation comme aires de reproduction par les poissons et les invertébrés d'importance commerciale, l'utilisation comme aires de nidification et de halte par les oiseaux aquatiques et de rivage, des milieux d'assimilation de déchets et de substances toxiques et des sites d'importance esthétique. Cette section étudie l'intérêt des marais salés pour les pêcheries côtières et leur utilisation par les oiseaux.

L'importance des marais salés pour les pêcheries côtières

Une grande partie de la recherche sur les marais salés à *Spartina alterniflora* a porté sur leur contribution aux pêcheries côtières (Odum, 1980; Pomeroy et Wiegert, 1981; Mann, 1982). Les marais salés sont caractérisés par une productivité primaire élevée. La matière organique produite est exportée dans les estuaires et les eaux adjacentes au large des côtes, un processus décrit par Odum (1980). La végétation des marais salés est peu broutée. Les restes de plantes mortes sont transformés en détritus qui s'associent à un complexe de bactéries, d'algues, de protozoaires et de champignons. Ceux-ci sont consommés par des détritivores, comme les invertébrés et les petits poissons qui sont dévorés à leur tour par des poissons, des oiseaux et des mammifères carnivores.

Quoiqu'une grande partie de la recherche sur les détritus porte sur les marais du sud-est des États-Unis, tout semble indiquer qu'un tel mécanisme fonctionne au Canada. Kistritz (1978) ainsi que Kistritz et Yesaki (1979) ont démontré l'importance de la production de détritus dans les marais du fleuve Fraser sur la côte du Pacifique. Naiman et Sibert (1979) estiment que les détritus provenant en partie de *Carex lyngbyei* constituent une importante source alimentaire pour le saumon juvénile dans l'estuaire de la rivière Nanaimo. Simenstad (1983) ainsi que Seliskar et Gallagher (1983) ont également montré l'importance des terres humides côtières pour les

Figure 9–12.

Gros plan de végétation de bas marais salé, entourant une dépression avec Hippuris tetraphylla *à l'avant-plan, près de la baie Hannah, au sud-ouest de la baie James en Ontario. Touffes basses de* Puccinellia phryganodes *dans la dépression. La plante haute à l'arrière-plan est* Scirpus maritimus.

poissons dans les états du nord-ouest américain en bordure du Pacifique.

On a également montré l'importance des terres humides côtières pour les pêcheries sur la côte atlantique du Canada. Hatcher et Mann (1975), Hatcher (1977) et Morantz (1976) ont montré la productivité primaire élevée et le transport ultérieur des matières organiques et des éléments nutritifs dans les marais salés de la Nouvelle-Écosse. On a aussi montré l'importance de ces marais pour environ vingt espèces de poissons, notamment l'anguille, la plie et le bar de mer ainsi que pour les mollusques (Hatcher *et al.*, 1981). Les étangs et les chenaux de marée dans les marais du bas du fleuve Saint-Laurent sont également utilisés par les poissons (Dutil et Fortin, 1983; Ward et Fitzgerald, 1983a, 1983b).

La nature exacte des relations entre les marais côtiers et estuariens et les pêcheries constitue une question écologique primordiale. Dorcey *et al.* (1978) ont étudié le rôle des marais du fleuve Fraser pour le saumon. Ils ont remarqué que les jeunes saumons utilisent tous les marais estuariens qui fournissent ou régularisent les matières nutritives et servent à toutes les espèces de saumon et leur assurent des aires de résidence temporaire, d'adaptation à l'eau de mer, d'alimentation riche, de refuge contre les prédateurs et de halte. Dorcey *et al.* ont montré qu'il y avait beaucoup de signes attestant de toutes ces fonctions, mais selon eux de nombreuses questions restent sans réponse et il faudra poursuivre les recherches dans ce secteur des pêcheries en Colombie-Britannique.

Nixon (1980) a rédigé un article très important sur les relations entre les marais salés et les pêcheries

côtières. Il a fait une analyse critique de tous les articles publiés sur le sujet et a conclu qu'il se peut que les terres humides ne soient pas à elles seules la cause de l'accroissement de la productivité des pêcheries au large de ces écosystèmes. Il a déclaré que les terres humides peuvent protéger les poissons, mais que d'autres facteurs plus importants pourraient expliquer l'accroissement de la productivité dans les eaux estuariennes et côtières. Toutefois il reconnaît la complexité de la question du cycle des matières organiques et des éléments nutritifs dans les marais salés et le besoin de poursuivre les recherches dans les terres humides côtières et estuariennes du Canada.

Utilisation des marais salés du Canada par les oiseaux

Les marais salés de la côte atlantique, dominés par *Spartina alterniflora*, sont importants pour les oiseaux aquatiques. Reed et Moisan (1971) ont étudié les marais salés du bas du Saint-Laurent et ont observé qu'ils constituaient d'importantes aires de reproduction pour le canard noir (*Anas rubripes*), au printemps et en été. Les autres canards qui utilisent ces marais sont notamment le canard pilet (*Anas acuta*), la sarcelle à ailes vertes (*Anas crecca*), le canard colvert (*Anas platyrhynchos*) et l'eider à duvet (*Somateria mollissima*). Les autres oiseaux aquatiques communs sont le grand héron (*Ardea herodias*), le bihoreau à couronne noire (*Nycticorax nycticorax*), la bécassine des marais (*Gallinago gallinago*), le pluvier kildir (*Charadrius vociferus*) et le chevalier branlequeue (*Actitis macularia*). La bernache du Canada (*Branta canadensis*) est un migrateur printanier important. Les oiseaux de rivage et les oiseaux terrestres utilisent également ces marais. De plus, les marais salés de la Nouvelle-Écosse sont importants pour les oiseaux aquatiques. McAloney (1981) a montré que, pendant la migration du printemps, les mêmes espèces d'oiseaux aquatiques observées dans les marais du Saint-Laurent utilisaient les marais salés de la Nouvelle-Écosse. Les marais représentent d'importantes aires de halte d'août à novembre pour la migration d'automne. Les marais salés du Labrador servent beaucoup aussi à quelque 75 espèces d'oiseaux migrateurs, principalement des canards (Roberts et Robertson, 1986).

Les marais côtiers du Pacifique présentent un intérêt crucial pour les oiseaux. Les espèces importantes sont notamment les canards, les oies, les oiseaux de rivage et d'autres oiseaux aquatiques et terrestres (Burgess, 1970). Le delta du Fraser, en particulier, est d'une importance capitale pour la sauvagine, car il abrite plus de 50 % des canards qui hivernent au Canada. Les habitats estuariens de la côte du Pacifique sont renommés de par le monde pour leur importance cruciale pour les oiseaux migrateurs (R. McKelvey, communication personnelle).

Les marais côtiers des baies d'Hudson et James constituent des aires de reproduction et de halte d'un certain nombre d'espèces d'oiseaux migrateurs aquatiques et de rivage. Les espèces les plus communes comprennent la bernache du Canada, l'oie des neiges (*Anser caerulescens*), la bernache cravant (*Branta bernicla*), le canard pilet, le canard noir, la sarcelle à ailes vertes et le canard colvert (Martini *et al.*, 1980b; Ross, 1982). La sauvagine préfère les vastes marais côtiers contenant diverses espèces végétales. Les aliments importants sont notamment les herbacées et les laîches, les joncs et les prêles (*Equisetum* spp.) (Prevett *et al.*, 1979; Thomas et Prevett, 1982).

La région littorale des basses terres de la baie d'Hudson est une aire de halte, internationalement connue, pour plusieurs espèces d'oiseaux de rivage qui se reproduisent dans l'Arctique et le Subarctique. Mentionnons notamment le bécasseau semi-palmé (*Calidris pusilla*), le grand chevalier (*Tringa melanoleuca*), le petit chevalier (*Tringa flavipes*) et la barge hudsonnienne (*Limosa haemastica*) et plusieurs autres espèces. L'habitat d'alimentation des oiseaux de rivage semble changer selon la saison, en fonction des réserves alimentaires. Par exemple, à la pointe North sur la côte sud-ouest de la baie James, au nord de l'embouchure de la rivière Moose en Ontario, la distribution du bécasseau semi-palmé montre un mouvement net en direction de la mer au cours de l'été. Pendant la migration vers le nord en juin, la majorité des oiseaux sont observés dans les marais salés, mais à la fin août, ils sont répartis également entre les battures marécageuses et les marais salés, se nourrissant dans les premiers à marée basse et dans les derniers à marée haute (Clarke, 1980).

Pendant la migration du printemps, un certain nombre d'espèces, notamment le pluvier argenté (*Pluvialis squatarola*), le bécasseau maubèche (*Calidris canutus*), le tournepierre à collier (*Arenaria interpres*), le bécasseau à poitrine cendrée (*Calidris melanotos*), le pluvier semi-palmé (*Charadrius semipalmatus*) et le petit chevalier fréquentent l'étage supérieur du marais à *Carex–Scirpus* en quête de nourriture et de perchoirs mais ce même phénomène est rare au cours de la migration d'automne. Toutefois, d'immenses volées (de 500 à 1 000 individus) de courlis corlieux (*Numenius phaeopus*), de bécasseaux à croupion blanc (*Calidris fuscicollis*) et de bécasseaux à poitrine cendrée juchent dans les hautes herbes de *Triglochin–Potentilla* en terrains plus élevés, lorsque les aires d'alimentation de l'étage inférieur des étangs marécageux sont recouvertes d'eau.

Dans le marais salé, les étangs peu profonds constituent l'aire d'alimentation préférée de la plupart des espèces. Les larves de moucherons, qui se trouvent en très grand nombre dans les sédiments boueux du fond des étangs, sont la proie favorite de la plupart des espèces d'oiseaux de rivage (Clarke, 1980). Certaines espèces exploitent différentes aires ou proies dans le marais. Par exemple, le petit chevalier se nourrit habituellement de mouches adultes (Ephydridae) qui se trouvent d'habitude sur *Puccinellia phryganodes* à

l'étage inférieur du marais. De petites épinoches à quatre épines, prisonnières du marais salé après l'inondation par la marée, sont également au menu du petit chevalier.

Pertes de marais salés dues aux activités humaines

On ne connaît pas la superficie des marais salés du Canada; toutefois, on a de l'information limitée pour certaines régions du Canada, comme les provinces Maritimes et des parties de la Colombie-Britannique. Il n'y a presque pas d'information sur la distribution des marais salés dans les parties les plus éloignées du pays, comme l'Arctique. Lynch-Stewart (1983) a résumé les données publiées sur la destruction de marais salés au Canada et Lynch-Stewart *et al.* (1984) ont fourni des données synthétiques limitées pour des terres humides des îles de l'Arctique et du littoral de la mer de Beaufort. La plus grande menace est la mise en culture des marais salés. L'endiguement des marais côtiers à des fins agricoles dans le delta du Fraser, (Colombie-Britannique), a éliminé des marais salés, ce qui peut perturber les pêcheries et les habitats fauniques. Dans le bas du fleuve Saint-Laurent (Québec) la mise en culture a fait perdre environ 32 % des marais à marée (Reed et Moisan, 1971). Les pertes se sont élevées à 5.8 % de 1950 à 1978 (Direction générale des terres, 1986). Les marais restants sont souvent soumis à des activités préjudiciables comme le broutage.

Lynch-Stewart (1983) et MacKinnon et Scott (1984) ont signalé que 65 % des marais salés littoraux de l'Atlantique ont été endigués pour la mise en culture depuis la colonisation du pays. En Nouvelle-Écosse, il reste 11 600 ha de marais salés, un tiers de la superficie originale. Au Nouveau-Brunswick, 13 000 ha de marais ont été mis en culture. Les fameux marais Tantramar de la baie de Fundy ont été tellement endigués qu'en 1920 il n'en restait que 20 % à l'état naturel sous l'influence des marées. Toutefois, depuis 1920, une importante partie de cette région est retournée à la nature à la suite de l'abandon des digues lors du déclin de l'industrie du fourrage.

Une autre activité qui perturbe les marais salés est le broutage par les animaux domestiques comme le bétail, les moutons et les chevaux. Roberts et Robertson (1986) ont signalé que les marais salés de Terre-Neuve, sont énormément broutés par des animaux domestiques. Il en va de même dans les marais salés des îles de la Reine-Charlotte.

Les marais salés sont surtout menacés par l'urbanisation et l'industrialisation. En Colombie-Britannique, les marais du fleuve Fraser ont servi à l'aménagement domiciliaire, à la navigation et à l'industrie. Pilon et Kerr (1984) ont remarqué, dans une région étudiée dans le sud-ouest des basses terres du Fraser, que les marais fluviatiles d'eau douce, d'eau salée et d'eau saumâtre occupaient 6 % de toutes les terres humides en 1967. De 1967 à 1982, environ 7 % de ces marais sont disparues à des fins d'urbanisation ou d'agriculture, tandis que 51 % ont été protégés au titre de la conservation et à des fins récréatives. Plus au nord, l'aménagement portuaire à Prince-Rupert et dans l'estuaire de la rivière Kitimat a fait disparaître des terres humides. Sur la côte atlantique, dans les régions d'Halifax (Nouvelle-Écosse) et de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick), des marais salés ont cédé la place à l'aménagement domiciliaire et industriel. L'exploitation énergétique met les marais aussi en péril et le projet de construction d'une centrale marémotrice à la baie de Fundy constitue une menace particulière pour les marais salés. Tout le long des côtes canadiennes, les déversements potentiels d'hydrocarbures par des pétroliers représentent un danger (Roberts et Robertson, 1986). La construction de routes, avec l'aménagement de chaussées et le remblayage peut détruire ces milieux.

Conclusions

On a peu étudié les marais salés au Canada dans le passé, surtout à cause de l'accès restreint, des saisons relativement brèves d'étude sur le terrain et des coûts élevés de déplacement. Donc la recherche sur les marais salés a porté principalement sur des régions accessibles comme le sud de la Colombie-Britannique et des parties du Canada atlantique. L'importance économique de certaines terres humides particulières a également déterminé les lieux de recherche. D'importants habitats d'oiseaux aquatiques et de rivage dans les régions des baies d'Hudson et James ont fait l'objet de recherches importantes. Les marais côtiers de la Colombie-Britannique ont été plus étudiés que ceux des autres parties du Canada, à cause de leur importance pour la reproduction du saumon, une espèce commerciale d'intérêt majeur. La recherche sur les marais salés de la côte atlantique a porté principalement sur les pêcheries et les aires utilisées par les oiseaux migrateurs.

Les priorités pour une recherche plus poussée sur les marais salés sont :

(1) La dynamique des marais salés—la succession de végétation, à brève et longue échéance; il s'agit d'un processus écologique important qui mérite d'être étudié. Il est nécessaire de comprendre la façon dont les marais salés réagissent aux divers événements naturels et aux perturbations humaines pour prévoir l'impact écologique de plans d'aménagement éventuels. Il est nécessaire de mettre au point des modèles prévisionnels relatifs à la succession.

(2) L'hydrologie—on sait peu de choses sur la façon dont l'hydrologie influence la végétation de nos marais salés. Ceux-ci constituent le milieu d'interaction entre l'eau salée et l'eau douce et il est nécessaire de pousser plus loin les recherches dans ce domaine.

(3) Les habitats halieutique et faunique—on a peu étudié l'écologie et le rôle de nos marais salés. On peut seulement supposer que ces marais remplissent les mêmes fonctions cruciales que les marais côtiers bien étudiés du sud-est des États-Unis.

(4) L'impact des contaminants sur les marais salés—on a peu étudié l'influence des contaminants sur l'écologie des marais salés. Aussi, est-il nécessaire d'étudier le rôle de ces terres humides qui piègent les éléments nutritifs et les contaminants.

La gestion des marais salés au Canada est très complexe. Le pays est divisé en de nombreuses juridictions politiques aux paliers fédéral, provincial et local. Il ne nous appartient pas de discuter des besoins relatifs aux lois sur la protection des marais salés. Cependant, les organismes gouvernementaux peuvent utiliser divers moyens pour mieux protéger les marais salés :

(5) Des inventaires—il est nécessaire de dresser des inventaires détaillés des marais salés de nombreuses regions du Canada, surtout l'Arctique. Les gestionnaires pourraient ainsi identifier les marais salés ou les régions à conserver. Le Service canadien de la faune a terminé les inventaires de certaines parties des provinces Maritimes du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard et de la Nouvelle-Écosse.

(6) L'évaluation des terres humides—il est nécessaire d'améliorer les méthodes utilisées pour déterminer les marais salés à préserver et ceux dont l'importance écologique est moindre. Ces évaluations devraient tenir compte, entre autres, des aspects suivants : les habitats fauniques et halieutiques, la fonction hydrologique et la prédominance ou la rareté d'un type particulier de terre humide dans une région.

(7) L'impact des activités humaines sur les terres humides—il est nécessaire d'étudier la façon dont les diverses activités agricoles et industrielles perturbent les marais salés. Par exemple, comment les méthodes de pâturage peuvent-elles se prêter davantage à la protection des marais salés dans les provinces atlantiques? Comment les dérivations des cours d'eau, notamment les barrages, influent-elles sur les terres humides côtières? Cette question est particulièrement importante pour la baie James où des méga-projets hydro-électriques sont à l'étude.

(8) Les besoins régionaux—on possède peu d'informations sur certaines régions géographiques du Canada, notamment le Labrador et les îles de l'Arctique. Il faut donc remédier à cette lacune.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier A. Lucas de son aide pour l'étude des marais salés de la côte atlantique ainsi que E. McCurdy qui a dactylographié le manuscrit. Les révisions et les commentaires de H. Hirvonen, D. Kelly, R. McKelvey, E. Oswald, C. Rubec, D. Scott, C. Tarnocai et S. Zoltai, nous ont permis d'apporter la dernière touche à ce chapitre.

Bibliographie

BARBOUR, M.G. 1970. Is any angiosperm an obligate halophyte? America Midland Naturalist 84:105–120.

BEEFTINK, W.G. 1977. Salt marshes. *Dans* The coastline. R.S.K. Barnes, directeur de publication. J. Wiley and Sons. Londres, Royaume-Uni. p. 93–121.

BEEFTINK, W.G. 1979. The coastal salt marshes of western and northern Europe: an ecological and phytosociological review. *Dans* Wet coastal ecosystems. Ecosystems of the World, Volume 1. V.J. Chapman, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 109–155.

BELL, L.M., ET R.J. KALLMAN. 1976a. The Cowichan-Chemainus River estuaries—Status of environmental knowledge to 1975. Institut de l'environnement du Pacifique, Service des pêches et des sciences de la mer, Environnement Canada. Special Estuary Series nº 4. 328 p.

BELL, L.M., ET R.J. KALLMAN. 1976b. The Nanaimo River estuary—Status of environmental knowledge to 1976. Institut de l'environnement du Pacifique, Service des pêches et des sciences de la mer, Environnement Canada. Special Estuary Series nº 5. 298 p.

BELL, L.M., ET R.J. KALLMAN. 1976c. The Kitimat River estuary—Status of environmental knowledge to 1976. Institut de l'environnement du Pacifique, Service des pêches et des sciences de la mer, Environnement Canada. Special Estuary Series nº 6. 296 p.

BELL, L.M., ET J.M. THOMPSON. 1977. The Campbell River estuary—Status of environmental knowledge to 1977. Institut de l'environnement du Pacifique, Service des pêches et des sciences de la mer, Environnement Canada. Special Estuary Series nº 7. 346 p.

BOSTOCK, H.S. 1970. Subdivisions physiographiques du Canada. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Série de la géologie économique, rapport nº 1. 5ᵉ édition. Ottawa, Ontario. p. 9–30.

BRADFIELD, G.E., ET G.L. PORTER. 1982. Vegetation structure and diversity components of a Fraser estuary tidal marsh. Journal canadien de botanique 60:440–451.

BURG, M.E., D.R. TRIPP, ET E.S. ROSENBERG. 1980. Plant associations and primary productivity of the Nisqually salt marsh in southern Puget Sound, Washington. Northwest Science 54:222–236.

BURGESS, T.E. 1970. Foods and habitat of four Anatids wintering on the Fraser Delta marshes. Thèse de maîtrise, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie-Britannique.

CALDER, J.A., ET R.L. TAYLOR. 1968. Flora of the Queen Charlotte Islands. I. Systematics of the vascular plants. Direction de la recherche, Ministère de l'Agriculture du Canada. Monographie nº 4, 1ʳᵉ partie. 659 p.

CESKA, A. 1981. Vegetation of the Tsitka River estuary. Report to Ecological Reserves Unit, Ministry of Lands, Parks and Housing, Victoria, Colombie-Britannique. 28 p.

CHAPMAN, V.J. 1937. A note on the salt marshes of Nova Scotia. Rhodora 39:53–57.

CHAPMAN, V.J. 1974. Salt marshes and salt deserts of the world. 2ᵉ édition. Verlag von J. Cramer Publishing Company. Lehre, Allemagne. 392 p.

CHAPMAN, V.J. 1977. Introduction. *Dans* Wet coastal ecosystems. V.J. Chapman, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 1–29.

CLAGUE, J.J., ET B.D. BORNHOLD. 1980. Morphology and littoral processes of the Pacific coast of Canada. *Dans* The coastline of Canada. S.B. McCann, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Document 80-10. Ottawa, Ontario. p. 339–380.

CLAGUE, J.J., ET J.L. LUTERNAUER. 1982. Late Quaternary sedimentary environments, southwestern British Columbia. Guidebook 30A, 11ᵉ International Congress on Sedimentology. Université McMaster, Hamilton, Ontario. 167 p.

CLARKE, K.E. 1980. Ecology of a subarctic coastal system, North Point, James Bay, Ontario. Thèse de maîtrise, Université de Guelph, Guelph, Ontario. 232 p.

CROW, J.H. 1977. Salt marshes of the Alaska Pacific coast. *Dans* Compte rendu, Symposium on Terrestrial and Aquatic Studies in the Northwest. R.D. Andrews III, R.L. Carr, F. Gibson, B.Z. Lang, R.A. Soltero et K.C. Swedberg, directeurs de publication. EWSC Press. Cheney, Washington. p. 103–110.

DAWE, N.K., ET E.R. WHITE. 1982. Some aspects of the vegetation ecology of the Little Qualicum River estuary, British Columbia. Journal canadien de botanique 60:1447–1460.

DAWE, N.K., ET E.R. WHITE. 1986. Some aspects of the vegetation ecology of the Nanoose-Bonell estuary, Vancouver Island, British Columbia. Journal canadien de botanique 64:27–34.

DIONNE, J.C. 1972. Caractéristiques des schorres des régions froides en particulier de l'estuaire du Saint-Laurent. Zeitschrift Für Geomorphologie, N.F. Supplement Bands 13:131–162.

DIONNE, J.C. 1976. L'action glacielle dans les schorres du littoral oriental de la baie James. Cahiers de géographie du Québec 20:303–326.

DIONNE, J.D. 1978. Le glaciel en Jamésie et en Hudsonie. Québec subarctique. Géographie physique et Quaternaire 32:3–20.

DIONNE, J.C. 1980. An outline of the eastern James Bay coastal environments. *Dans* The coastline of Canada. S.B. McCann, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Document 80-10. p. 311–338.

DIRECTION GÉNÉRALE DES TERRES. 1986. Milieux humides le long du fleuve Saint-Laurent, 1950–1978. Direction générale des terres. Environnement Canada. Document de travail nº 45. Ottawa, Ontario. 29 p.

DISRAELI, D.J., ET R.W. FONDA. 1979. Gradient analysis of the vegetation in a brackish marsh in Bellingham Bay, Washington. Journal canadien de botanique 57:465–475.

DORCEY, A.H.J., T.G. NORTHCOTE, ET D.V. WARD. 1978. Are the Fraser marshes essential to salmon? Westwater Lectures. Université de la Colombie-Britannique, nº 1, juillet 1978. 29 p.

DOUGLAS, R.J.W. 1970. Introduction. *Dans* Géologie et ressources minérales du Canada. R.J.W. Douglas, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Série de la géologie économique, rapport nº 1. Ottawa, Ontario. p. 2–6.

DUTIL, J.-D., ET M. FORTIN. 1983. La communauté de poissons d'un marécage intertidal de l'estuaire du Saint-Laurent. Le Naturaliste canadien 110:397–410.

EWING, K. 1983. Environmental controls in Pacific Northwest intertidal marsh plant communities. Journal canadien de botanique 61:1105–1116.

EWING, K., ET K.A. KERSHAW. 1986. Vegetation patterns in James Bay coastal marshes. I. Environmental factors on the south coast. Journal canadien de botanique 64:217–226.

FAIRBRIDGE, R.W. 1980. The estuary: its definition and geodynamic cycle. *Dans* Chemistry and biogeochemistry of estuaries. E. Olavsson et I. Cato, directeurs de publication. J. Wiley and Sons Ltd. New York, New York. p. 1–35.

FORBES, R.D. 1972. A floral description of the Fraser River estuary and Boundary and Mud bays, BC. British Columbia Fish and Wildlife Branch, Department of Recreation and Conservation. Victoria, Colombie-Britannique.

FREY, R.W., ET P.B. BASAN. 1978. Coastal salt marshes. *Dans* Coastal sedimentary environments. R.A. Davis, Jr., directeur de publication. Springer-Verlag. Berlin, Allemagne. p. 101–169.

GANONG, W.F. 1903. The vegetation of the Bay of Fundy salt and diked marshes: an ecological study. Botanical Gazette 36:161–186, 208–302, 340–367, 429–455.

GAUTHIER, B. 1979. Recherches sur les limites biologiques du Saint-Laurent. Thèse de doctorat, Université de Laval, Québec, Québec.

GAUTHIER, B. 1982. L'étagement des plantes vasculaires en milieu saumâtre, estuaire du Saint-Laurent. Le Naturaliste canadien 109:189–203.

GAUTHIER, J., D. LEHOUX, ET J. ROSA. 1980. Les marécages intertidaux dans l'estuaire du Saint-Laurent. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Ste-Foy, Québec. 91 p.

GLOOSCHENKO, W.A. 1980. Coastal ecosystems of the James/Hudson Bay area of Ontario, Canada. Zeitschrift Für Geomorphologie, N.F. Supplement Bands 34:214–224.

GLOOSCHENKO, W.A. 1983. Salt marsh vegetation of the Ontario coast of Hudson and James Bay. Part 1. Transect descriptions. Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada. Publication nº 82-23. 56 p.

GLOOSCHENKO, W.A., ET K. CLARKE. 1982. The salinity cycle of a subarctic salt marsh. Le Naturaliste canadien 109:483–490.

GLOOSCHENKO, W.A., ET I.P. MARTINI. 1978. Hudson Bay Lowlands Baseline Study. Proceedings, Symposium on Technical, Environmental, and Socio-Economic Regulatory Aspects for Coastal Zone Management. American Society of Civil Engineers. p. 663–679.

GLOOSCHENKO, W.A., ET I.P. MARTINI. 1981. Salt marshes of the Ontario coast of Hudson Bay, Canada. Wetlands 1:9–18.

GLOOSCHENKO, W.A., ET I.P. MARTINI. 1983. Wetlands of the Attawapiskat River mouth, James Bay, Ontario, Canada. Wetlands 3:64–76.

GLOOSCHENKO, W.A., ET I.P. MARTINI. 1987. Vegetation of river-influenced coastal marshes of the southwestern end of James Bay, Ontario. Wetlands 7:71–84.

GRANDTNER, M.M. 1966. Premières observations phytopédologiques sur les prés salés des Îles-de-la-Madeleine. Le Naturaliste canadien 93:361–366.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. *Dans* Canada–Les terres humides–cartes des régions de terres humides et de leur distribution au Canada. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

HATCHER, A.I. 1977. Aspects of carbon and nitrogen cycling in a *Spartina* dominated salt marsh on the Northumberland Strait, Nova Scotia; and the effects of impoundment. Thèse de maîtrise, Université de Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. 110 p.

HATCHER, A.I., D.G. PATRIQUIN, Y.F. FERN, A.J. HANSON, ET J. READE. 1981. Salt marshes in Nova Scotia. Institute of Resource and Environmental Studies, Université de Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. 70 p.

HATCHER, B.G., ET K.H. MANN. 1975. Above-ground production of marsh cordgrass (*Spartina alterniflora*) near the northern end of its range. Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada 32:83–87.

HEYWOOD, W.W., ET B.V. SANFORD. 1976. Geology of Southampton, Coats and Mansel Islands, District of Keewatin, Northwest Territories. Commission géologique du Canada. Mémoire nº 382. Ottawa, Ontario. 35 p.

HILLABY, F.B., ET D.T. BARRETT. 1976. Vegetation communities of a Fraser River salt marsh. Services des pêches et des sciences de la mer, Direction générale de la protection des habitats, Environnement Canada. Rapport technique nº Pac/T-76-14. Vancouver, Colombie-Britannique. 19 p.

HUTCHINSON, I. 1982. Vegetation-environment relations in a brackish marsh, Lulu Island, Richmond, B.C. Journal canadien de botanique 60:452–462.

JEFFERIES, R.L. 1977. The vegetation of salt marshes at some coastal sites in arctic North America. Journal of Ecology 65:661–672.

JEFFERIES, R.L., A. JENSEN, ET K.F. ABRAHAM. 1979. Vegetational development and the effect of geese on vegetation at La Perouse Bay, Manitoba. Journal canadien de botanique 57:1439–1450.

JEFFERSON, C.A. 1975. Plant communities and succession in Oregon coastal salt marshes. Thèse de doctorat, Oregon State University, Corvallis, Oregon. 144 p.

KELLERHALS, P., ET J.W. MURRAY. 1969. Tidal flats at Boundary Bay, Fraser River delta, British Columbia. Bulletin of Canadian Petroleum Geology 17:67–91.

KENNEDY, K.A. 1982. Plant communities and their standing crop on estuaries of the east coast of Vancouver Island. Thèse de maîtrise, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie-Britannique.

KERSHAW, K. 1976. The vegetation zonation of the East Pen Island salt marshes, Hudson Bay. Journal canadien de botanique 54:5–13.

KETCHUM, B.H. 1983a. Estuarine characteristics. *Dans* Estuaries and enclosed seas. B.H. Ketchum, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Pays-Bas. p. 1–14.

KETCHUM, B.H. 1983b. Enclosed seas—Introduction. *Dans* Estuaries and enclosed seas. B.H. Ketchum, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Pays-Bas. p. 209–218.

KISTRITZ, R.U. 1978. An ecological evaluation of Fraser estuary tidal marshes: the role of detritus and the cycling of elements. Centre de recherche de Westwater, Université de la Colombie-Britannique. Rapport technique nº 15. Vancouver, Colombie-Britannique. 59 p.

KISTRITZ, R.U., ET I. YESAKI. 1979. Primary production, detritus flux, and nutrient cycling in a sedge marsh, Fraser River estuary. Centre de recherche de Westwater, Université de la Colombie-Britannique. Rapport technique nº 17. Vancouver, Colombie-Britannique. 53 p.

KRANCK, K. 1972. Geomorphological development of post-pleistocene sea-level changes, Northumberland Strait, maritime provinces. Journal canadien des sciences de la terre 9:835–844.

LAMOUREUX, J.P., ET L.G. DE REPENTIGNY. 1972. Contribution à la flore des marécages intertidaux de la baie de Rupert (Québec). Rapport présenté au Service canadien de la faune, Valleyfield, Québec. 14 p.

LAMOUREUX, J.P., ET R. ZARNOVICAN. 1972. Approximation relative à la végétation riparienne de la baie de Rupert, Québec. Rapport présenté au Service canadien de la faune, Valleyfield, Québec. 126 p.

LAMOUREUX, J.P., ET R. ZARNOVICAN. 1974. Les marécages côtiers de la baie aux Oies, Québec. Service canadien de la faune, Environnement Canada, Série des rapports de la baie James nº 13. 99 p.

LAVERDIÈRE, C., ET P. GUIMONT. 1975. Le milieu biophysique de la baie de Rupert. Direction générale de l'environnement, Société de développement de la baie James. Rapport de reconnaissance. Montréal, Québec. 157 p.

LEANEY, A.J., ET S. MORRIS. 1981. The Bella Coola river estuary. Status of environmental knowledge to 1981. Pêches et Océans Canada. Special Estuary Series nº 9. Vancouver, Colombie-Britannique. 266 p.

LEVINGS, C.D. 1980a. An account of a workshop on restoration of estuarine habitats. Sciences halieutiques et aquatiques, Environnement Canada. Rapport manuscrit nº 1571. Vancouver, Colombie-Britannique. 29 p.

LEVINGS, C.D. 1980b. Consequences of retaining walls and jetties for aquatic habitats at two British Columbia estuaries. Coastal Engineering 4:111–136.

LEVINGS, C.D., ET A.I. MOODY. 1976. Studies of intertidal vascular plants, especially sedge (*Carex lyngbyei*) on the disrupted Squamish River delta, British Columbia. Service des pêches et des sciences de la mer, Environnement Canada. Rapport technique nº 606. 51 p.

LIM, P.G., ET C.D. LEVINGS. 1973. Distribution and biomass of intertidal vascular plants on the Squamish delta. Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Rapport divers nº 1219. 26 p.

LUCAS, A.E. 1980. Phytogeomorphic sequences on barrier coastlines within the southern Gulf of St. Lawrence. Thèse de maîtrise, Université McMaster, Hamilton, Ontario.

LUTERNAUER, J.L., ET J.W. MURRAY. 1973. Sedimentation in the western delta–front of the Fraser River, British Columbia. Journal canadien des sciences de la terre 10:1642–1663.

LYNCH-STEWART, P. 1983. Changements d'utilisation des terres dans les milieux humides au sud de Canada, revue et bibliographie. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 26. Ottawa, Ontario. 126 p.

LYNCH-STEWART, P., R.G. HÉLIE, ET D. OUIMET. 1984. Northern wetlands research project: procedures, results and guidelines. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. Inédit. 53 p.

MACDONALD, K.B. 1977. Plant and animal communities of Pacific North American salt marshes. *Dans* Wet coastal ecosystems. Ecosystems of the World 1. V.J. Chapman, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Pays-Bas. p. 167–191.

MACKINNON, K., ET D.B. SCOTT. 1984. An evaluation of salt marshes in Atlantic Canada. Centre for Marine Geology, Université de Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse et la Direction générale des terres, Environnement Canada. Rapport technique nº 1, Dartmouth, Nouvelle-Écosse. 37 p. et annexes.

MANN, K.H. 1982. Ecology of coastal waters. University of California Press, Berkeley, California. 322 p.

MARTINI, I.P. 1981a. Morphology and sediments of the emergent Ontario coast of James Bay, Canada. Geographische Annaler 63A:81–94.

MARTINI, I.P. 1981b. Ice effect of erosion and sedimentation on the Ontario shores of James Bay, Canada. Zeitschrift Für Geomorphologie, N.F. 25:1–16.

MARTINI, I.P. 1982. Geomorphological features of the Ontario coast. Le Naturaliste canadien 109:415–429.

MARTINI, I.P., D.W. COWELL, ET G.M. WICKWARE. 1980a. Geomorphology of southern James Bay: a low energy, emergent coast. *Dans* The coastline of Canada. S.B. McCann, directeur de publication. Commission géologique du Canada. Document 80-10.

MARTINI, I.P., ET W.A. GLOOSCHENKO. 1983/1984. Emergent coasts of Akimiski Island, James Bay, Northwestern Territories, Canada: geology, geomorphology, and vegetation. Sedimentary Geology 37:229–250.

MARTINI, I.P., R.I.G. MORRISON, W.A. GLOOSCHENKO, ET R. PROTZ. 1980b. Coastal studies in James Bay, Ontario. Geoscience Canada 7:11–20.

MARTINI, I.P., ET R. PROTZ. 1978. Coastal geomorphology, sedimentology, and pedology of southern James Bay, Ontario, Canada. Department of Land Resource Sciences, Université de Guelph, Guelph, Ontario. 118 p.

MARTINI, I.P., R. PROTZ, D. GRINHAM, W.A. KING, ET K. CLARKE. 1979. Studies of coastal sediments, soils, and biota, James Bay, Ontario, Canada. Department of Land Resource Science, Université de Guelph. Technical Memorandum 79-1. Guelph, Ontario. 290 p.

MCALONEY, R.K. 1981. Waterfowl use of Nova Scotian salt marshes. *Dans* Salt marshes in Nova Scotia. A. Hatcher et D.G. Patriquin, directeurs de publication. Institute for Resource and Environmental Studies and Department of Biology, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. p. 60–66.

MCKELVEY, R. (communication personnelle). Décembre 1986. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Delta, Colombie-Britannique.

MCLAREN, K.A. 1972. A vegetation study of the islands and associated marshes in the south arm of the Fraser River, BC, from the Deas Island Tunnel to Westham Island foreshore. Rapport presenté à la Fish and Wildlife Branch, Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique. Victoria, Colombie-Britannique.

MOODY, A.I. 1978. Growth and distribution of the vegetation of a southern Fraser delta marsh. Thèse de maîtrise, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie-Britannique. 153 p.

MORANTZ, D.L. 1976. Productivity and export from the John Lusky Marsh, Amherst, Nova Scotia. Thèse de maîtrise, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. 77 p.

MORRIS, S., ET A.J. LEANEY. 1980. The Somass River estuary. Status of environmental knowledge to 1980. Pêches et Océans Canada. Special Estuary Series nº 9. Vancouver, Colombie-Britannique. 374 p.

MORRIS, S., A.J. LEANEY, L.M. BELL, ET J.M. THOMPSON. 1979. The Courtenay River estuary. Status of environmental knowledge to 1978. Direction générale des services techniques et de recherche, Pêches et Environnement Canada. Special Estuary Series nº 8. Vancouver, Colombie-Britannique. 355 p.

NAIMAN, R.J., ET J.R. SIBERT. 1979. Detritus and juvenile salmon production in the Nanaimo estuary: III. Importance of detrital carbon to the estuarine ecosystem. Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada 36:504–520.

NICOLAS, G.E. 1918. The vegetation of northern Cape Breton Island, Nova Scotia. Transactions Connecticut Academy of Arts and Sciences 22:249–467.

NIXON, S.W. 1980. Between coastal marshes and coastal waters—a review of 20 years of speculation and research on the role of salt marshes in estuarine productivity and water chemistry. *Dans* Estuarine and wetland processes with emphasis on modeling. P. Hamilton et K.B. Macdonald, directeurs de publication. Plenum Press. New York, New York. 437 p.

NIXON, S.W. 1982. The ecology of New England high salt marshes: a community profile. Office of Biological Services, United States Fish and Wildlife Service. FWS/OBS–81/55. Washington, DC. 70 p.

ODUM, E.P. 1980. The status of three ecosystem-level hypotheses regarding salt marsh estuaries: tidal subsidy, outselling, and detritus-based food chains. *Dans* Estuarine perspectives. V.S. Kennedy, directeur de publication. Academic Press. New York, New York. p. 485–495.

OLMSTEAD, W.R., ET R.P. FINK. 1982. Environmental evaluation of the Tsawwassen salt marsh in relation to flood control diking. Rapport présenté à la Division de la recherche et de la gestion, Affaires indiennes et du Nord Canada, Vancouver, Colombie-Britannique. 21 p.

OWENS, E.H. 1977. Coastal environments of Canada: the impact and cleanup of oil spills. Pêches et Océans Canada et Environnement Canada. Analyse économique et technique, rapport EPS-3-EC-77-13. Ottawa, Ontario. 413 p.

PARSONS, C.P. 1975. Vegetation pattern in a salt marsh at Boundary Bay, BC. Lambda 1:45–52.

PATRIQUIN, D.G. 1981. The general biology of salt marshes. *Dans* Salt marshes in Nova Scotia. A. Hatcher et D.G. Patriquin, directeur de publication. Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse. p. 4–27.

PHLEGER, F.B. 1977. Soils of marine marshes. *Dans* Wet coastal ecosystems. V.J. Chapman, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 69–77.

PILON, P., ET M.A. KERR. 1984. Land use monitoring on wetlands in the southwestern Fraser Lowland, British Columbia. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 34. Vancouver, Colombie-Britannique. 31 p. et carte.

POLUNIN, N. 1948. Botany of the Canadian Eastern Arctic. III. Vegetation and ecology. Musées nationaux du Canada. Bulletin nº 104. Ottawa, Ontario. 304 p.

POMEROY, L.R., ET R.G. WIEGERT. 1981. The ecology of a salt marsh. Springer-Verlag Inc. New York, New York. 271 p.

POMEROY, W.M., ET J.G. STOCKNER. 1976. Effects of environmental disturbance on the distribution and primary production of benthic algae on a British Columbia estuary. Journal de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada 33:1175–1187.

PORSILD, A.E. 1955. The vascular plants of the western Canadian Arctic Archipelago. Musées nationaux du Canada. Bulletin nº 135. Ottawa, Ontario. 276 p.

PREVETT, J.R., I.F. MARSHALL, ET V.G. THOMAS. 1979. Fall foods of Lesser Snow Geese in the James Bay region. Journal of Wildlife Management 43:736–742.

PRITCHARD, D.W. 1967. What is an estuary: physical viewpoint. *Dans* Estuaries. G.H. Lauff, directeur de publication. American Association for the Advancement of Science. Publication nº 83. Washington, DC. p. 3–5.

REED, A., ET G. MOISAN. 1971. The *Spartina* tidal marshes of the St. Lawrence Estuary and their importance to aquatic birds. Le Naturaliste canadien 98:905–922.

REIMOLD, R.J. 1977. Mangals and salt marshes of eastern United States. *Dans* Wet coastal ecosystems. V.J. Chapman, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 157–166.

RILEY, J.L. 1981. The vascular flora of Akimiski Island, James Bay, NWT. Le Naturaliste canadien 108:229–235.

RILEY, J.L., ET S.M. MCKAY. 1980. The vegetation and phytogeography of coastal southwestern James Bay. Contributions of the Royal Ontario Museum, Life Sciences Report nº 124. 86 p.

RINGIUS, G.S. 1980. Vegetation survey of a James Bay coastal marsh. Canadian Field Naturalist 94:110–120.

RITCHIE, J.C. 1957. The vegetation of Manitoba. II. A prisere on the Hudson Bay Lowlands. Ecology 38:429–435.

ROBERTS, B.A., ET A.W. ROBERTSON. 1986. Salt marshes of Atlantic Canada: their ecology and distribution. Journal canadien de botanique 64:455–467.

ROSS, R.K. 1982. Duck distribution along the James and Hudson Bay coasts of Ontario. Le Naturaliste canadien 109:927–932.

RUBEC, C.D.A. (communication personnelle). 1986. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

SCHOFIELD, W.B. 1959. The salt marsh vegetation of Churchill, Manitoba and its phytogeographic implications. Musées nationaux du Canada. Bulletin nº 160. Ottawa, Ontario. p. 107–132.

SCOGGAN, H.J. 1978. The flora of Canada. Parties 1, 2, 3, et 4. Musée national des sciences naturelles. Publiées dans Botanique nº 7. Ottawa, Ontario. 1711 p.

SCOTT, D.B., ET D.A. GREENBERG. 1983. Relative sea-level use and tidal development in the Fundy tidal system. Journal canadien des sciences de la terre 20:1554–1564.

SCOTT, D.B., ET F.S. MEDIOLI. 1978a. Vertical zonation of marsh foraminifera as accurate indicators of former sea levels. Nature 272:528–531.

SCOTT, D.B., ET F.S. MEDIOLI. 1978b. Studies of relative sea-level changes in the Maritimes. Department of Geology, Université Dalhousie. Progress Report nº EMR 2239-4-31/78. Halifax, Nouvelle-Écosse. 79 p.

SCOTT, D.B., ET F.S. MEDIOLI. 1979. Marine emergence and submergence in the Maritimes. Department of Geology, Université Dalhousie. Progress Report nº EMR 45-4-79. Halifax, Nouvelle-Écosse. 69 p.

SCOTT, D.B., M.A. WILLIAMSON, ET T.E. DUFFET. 1981. Marsh foraminifera of Prince Edward Island: their recent distribution and application for former sea-level studies. Maritime Sediments and Atlantic Geology 17:98–129.

SELISKAR, D.M., ET J.L. GALLAGHER. 1983. The ecology of tidal marshes of the Pacific northwest coast: a community profile. Division of Biological Services, United States Fish and Wildlife Service. FWS/OBS-82/32. Washington, DC. 65 p.

SHEPPERD, J.E. 1981. Development of a salt marsh of the Fraser Delta at Boundary Bay, British Columbia, Canada. Thèse de maîtrise, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie-Britannique. 62 p.

SIMENSTAD, C.A. 1983. The ecology of estuarine channels of the Pacific northwest coast: a community profile. Fish and Wildlife Service, United States Department of the Interior. Report No. FWS/OBS-83/03. 181 p.

SNOW, A.A., ET S.W. VINCE. 1984. Plant zonation in an Alaskan salt marsh. II. An experimental study of the role of edaphic conditions. Journal of Ecology 72:669–684.

SWINBANKS, D.D., ET J.W. MURRAY. 1981. Biosedomentological zonation of Boundary Bay tidal flats, Fraser River delta, British Columbia. Sedimentology 28:201–237.

TARNOCAI, C. 1980. Canadian wetland registry. *Dans* Compte rendu d'un atelier sur les terres humides du Canada. C.D.A. Rubec et F.C. Pollett, directeurs de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire, nº 12. Ottawa, Ontario. p. 9–39.

TAYLOR, R.J. 1981. Shoreline vegetation of the Arctic Alaska coast. Arctic 34:37–42.

THANNHEISER, D. 1981. Die kustenvegetation Ost Kanadas. A. Mayr, directeur de publication. Munster Geographical Series nº 10. Paderborn, Allemagne. 202 p.

THOMAS, V.G., ET J.P. PREVETT. 1982. The roles of the James and Hudson Bay Lowland in the annual cycle of geese. Le Naturaliste canadien 109:913–925.

VESTERGAARD, P. 1978. Studies in vegetation and soil of coastal salt marshes in the Oisko area, west Greenland. Meddelelser Om Gronland 204:1–51.

VINCE, S.W., ET A.A. SNOW. 1984. Plant zonation in an Alaskan salt marsh. I. Distribution, abundance and environmental factors. Journal of Ecology 72:651–663.

WALTER, H. 1977. Climate. *Dans* Wet coastal ecosystems. Ecosystems of the world, partie I. V.J. Chapman, directeur de publication. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam, Pays-Bas. p. 61–67.

WARD, G., ET G.J. FITZGERALD. 1983a. Macrobenthic abundance and distribution in tidal pools of a Quebec salt marsh. Journal canadien de zoologie 61:1071–1085.

WARD, G., ET G.J. FITZGERALD. 1983b. Fish predation on the macrobenthos of tidal salt marsh pools. Journal canadien de zoologie 61:1358–1361.

YAMANAKA, K. 1975. Primary productivity of the Fraser River delta foreshore: yield estimates of emergent vegetation. Thèse de maîtrise, Department of Plant Science, Université de la Colombie-Britannique, Vancouver, Colombie-Britannique. 134 p.

YEO, R.K., ET M.J. RISK. 1981. The sedimentology, stratigraphy, and preservation of intertidal deposits in the Minas Basin system, Bay of Fundy. Journal Sedimentary Petrology 51:245–260.

ZEDLER, J.B. 1984. Salt marsh restoration. A guidebook for southern California. California Sea Grant Corporation. Report nº T-CSGCP-009. 46 p.

ZOLTAI, S.C. 1980. An outline of the wetland regions of Canada. *Dans* Compte rendu d'un atelier sur les terres humides du Canada. C.D.A. Rubec et F.C. Pollett, directeur de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire nº 12. Ottawa, Ontario. p. 9–38.

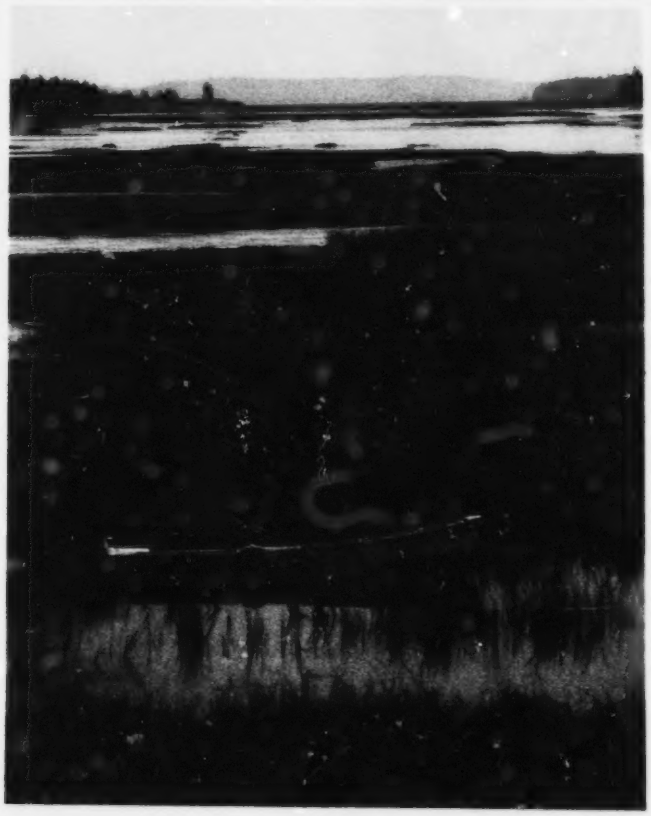
ZOLTAI, S.C. (communication personnelle). 1985. Service canadien des forêts. Edmonton, Alberta.

ZOLTAI, S.C., F.C. POLLETT, J.K. JEGLUM et G.D. ADAMS. 1975. Developing a wetland classification for Canada. *Dans* Compte rendu, 4e North American Forest Soils Conference. B. Bernier et C.H. Winget, directeurs de publication. Presses de l'Université Laval. Québec, Québec. p. 497–511.

10 Utilisation des terres humides au Canada

C.D.A. Rubec
P. Lynch-Stewart
G.M. Wickware
I. Kessel-Taylor

Utilisation des terres humides au Canada



Les fonctions hydrologiques, écologiques, récréatives et autres des terres humides à l'état naturel sont essentielles au bien-être des Canadiens. Cependant, les terres humides naturelles sont de plus en plus transformées pour servir à des fins agricoles, urbaines, industrielles et récréatives. La diversité des utilisations concurrentielles et des valeurs de ressources liées aux terres humides, ainsi que les conséquences de la perturbation des fonctions de ce milieu, sont devenues une source de conflit et d'inquiétude à l'échelle nationale.

Les terres humides ont toujours été considérées comme des terres incultes et des obstacles à l'exploitation et à la production. On leur prêtait de la valeur surtout selon leurs possibilités de conversion à des utilisations plus "productives". Cependant, nos connaissances des fonctions et des valeurs des terres humides se sont considérablement enrichies au cours de la dernière décennie, de sorte que ces valeurs commencent à être reconnues dans les cercles économiques, politiques, ainsi que dans le monde scientifique. Les terres humides ont surtout été associées à la sauvagine dans le passé, on reconnaît maintenant leur rôle important d'habitat des ressources halieutiques, côtières et estuariennes, leur capacité à protéger les rivages contre l'érosion et les bassins versants contre les inondations, leur contribution à l'amélioration de la qualité de l'eau dans de nombreux bassins versants du pays, leur utilité comme éléments éducatifs de plein air et comme laboratoires scientifiques, leur valeur à des fins récréatives, et leur importance pour la récolte de riz sauvage, de végétaux forestiers, de gibier et de tourbe. La valeur économique des terres humides nationales pour le Canada, telle que présentée dans ce chapitre, pourrait dépasser 5 à 10 milliards de dollars par année.

De nombreuses contraintes ont entravé les efforts de conservation des terres humides. Les juridictions fragmentées, ainsi que la parcellisation de la responsabilité pour les terres humides entre les nombreux organismes fédéraux, provinciaux et municipaux, a compliqué et limité les possibilités d'une saine gestion. Jusqu'à récemment, les mesures de protection se limitaient surtout à des stratégies particulières destinées à neutraliser les dangers résultant de l'exploitation du milieu. La nature même des changements d'utilisation des terres humides partout au pays ainsi que le volume de plus en plus appréciable de conversions ont rendu la gestion saine des terres humides encore plus difficile. Les principaux obstacles à la prise de décisions rationnelles concernant l'utilisation des terres humides sont liés à la nature des fonctions et des valeurs intrinsèques de ces dernières.

Nous nous heurtons à l'obstacle de nos connaissances et de notre expérience insuffisantes quand nous voulons traduire en termes significatifs les avantages offerts par les terres humides, à l'intérieur des systèmes actuels d'allocation des ressources. L'impossibilité de quantifier les valeurs des terres humides à titre de comparaison avec des utilisations concurrentielles ou de remplacement, a entraîné des pertes appréciables dans la superficie des terres. Il n'y a eu jusqu'à présent que quelques évaluations économiques des avantages et des services, des terres humides.

Jaworski et Raphael (1978) ont calculé le revenu annuel brut par hectare de terres humides dans la région des Grands lacs. Basée sur des valeurs de jour-utilisateur ainsi que sur la valeur de vente en gros des produits des terres humides, leur méthodologie a permis de conclure que les valeurs mollusques des terres humides produisent un revenu brut de 1 610$ par hectare par année. Tilton (1978) a utilisé une méthodologie basée sur la "valeur de remplacement de l'écosystème" pour déterminer le coût de remplacement des fonctions naturelles des terres humides étalé sur 30 ans (tableau 10–1). En combinant les résultats de Tilton (1978) et ceux de Jaworski et Raphael (1978), Jaworski (1981) a obtenu les données présentées au tableau 10–2. Dans le cadre d'une étude fondée sur une analyse coûts-avantages, Thibodeau et Ostro (1981) ont calculé que les gains tirés d'un acre de terre humide dans le bassin versant de la rivière Charles au Massachusetts variaient de 153 000 à 190 000$ par année. La mise au point et l'application de techniques d'évaluation économique comme celles décrites ci-dessus figurent parmi les besoins en recherche les plus urgents pour les questions de conservation des terres humides au Canada.

Tableau 10–1. Coût de remplacement des fonctions des terres humides

Fonction de terre humides	*Coût de la fonction naturelle ($/ha)*	*Coût de remplacement ($/ha)*	*Valeur nette ($)*
1. Protection du rivage		—	—
2. Retention des eaux d'inondation	Fonctions inconnues	—	
3. Régularisation de la sédimentation		—	—
4. Production de poissons			
Unités de remplacement achetées	0	31 100	31 100
Unités de remplacement aménagées	0	65 500	65 500
5. Reproduction/alimentation de la sauvagine			
Unités de remplacement achetées	0	21 500	21 500
Unités de remplacement aménagées	0	59 000	59 000
6. Élimination d'éléments nutritifs (traitement des eaux usées)			
Unités de remplacement achetées	—	—	—
Unités de remplacement aménagées	32 400	74 100	41 700
Irrigation par pulvérisation sur les bas plateaux	32 400	55 300	22 900
Traitement chimique	32 400	62 200	29 800
7. Réduction des éléments nutritifs dans les eaux de ruissellement			
Unités de remplacement achetées	0	50 400	50 400
Unités de remplacement aménagées	0	85 500	85 500
Irrigation par pulvérisation sur les bas plateaux	0	72 900	72 900
Traitement chimique	0	75 100	75 100
8. Approvisionnement en eau	150	—	—
Total	97 350	652 600	555 400

Source: Modifié d'après Tilton (1978).

Tableau 10–2. Valeurs combinées de jour-utilisateur et de remplacement des terres humides

Avantages	*Valeur en 1980 ($/ha/année)*
Réduction des éléments nutritifs dans les eaux de ruissellement	1 680
Pêche récréative	1 054
Production de poissons	1 040
Reproduction/alimentation de la sauvagine	720
Chasse de la sauvagine	103
Piégeage des animaux à fourrure	74
Approvisionnement en eau	16
Pêche commerciale	13
Total	4 700

Source : Jaworski (1981).

Un deuxième obstacle majeur aux efforts de conservation provient du fait que la plupart des avantages des terres humides vont à la population générale et non exclusivement au propriétaire foncier. Comme les décisions concernant les terres humides privées sont habituellement et naturellement basées sur des profits personnels, le développement économique l'emporte généralement sur la conservation. Cette réalité a entraîné la conversion d'un grand nombre de terres humides privées au Canada à des fins urbaines, industrielles, agricoles, récréatives et autres, au détriment des fonctions naturelles. L'immense portée des avantages et des services des terres humides exige un appui solide du public de concert avec une législation appropriée et des programmes gouvernementaux visant à préserver ces systèmes naturels. De tels programmes et politiques entrent maintenant en vigueur dans certaines provinces canadiennes ainsi qu'au niveau fédéral.

Le présent chapitre offre un aperçu général des utilisations des terres humides dans tout le Canada. Il présente d'abord les aspects de la conservation, résumant les fonctions inhérentes et les utilisations durables qui font la valeur des terres humides. Ces utilisations comprennent celles qui ne modifient pas l'équilibre écologique des terres humides, ainsi que celles qui l'améliorent. Suit un examen des questions de conversion des terres humides qui identifie et décrit les utilisations qui exploitent, modifient ou détruisent la structure de ces terres, leur régime hydrologique, leurs sols ou leur biote. Ce chapitre examine ensuite les études quantitatives sur la conversion des terres humides, divisé en sept secteurs géographiques avec renvois aux régions de terres humides du pays, telles que définies par le Groupe de travail national sur les terres humides (1986). Enfin, on présente les conclusions sur l'état des terres humides au Canada et sur les utilisations qui sont essentielles à une gestion saine des dernières terres humides naturelles du pays.

La politique de conservation

On a réalisé des progrès majeurs au Canada ces dernières années dans le domaine de la conservation des terres humides. Quelque 29 sites ont été désignés terres humides d'importance internationale en vertu de la Convention Ramsar, à laquelle le Canada a accédé en 1981, en raison de leur rôle vital pour les oiseaux migrateurs. En 1984, la Fondation canadienne des habitats fauniques, organisation privée à but non lucratif, a été établie pour préserver tous les types d'habitats fauniques, mais surtout les terres humides pour la sauvagine migratrice. Cette fondation constitue un lien important entre les intérêts de conservation fédéraux, provinciaux et privés. Le Plan nord-américain de gestion des oiseaux aquatiques, signé conjointement par le Canada et les États-Unis vers le milieu de 1986, prévoit la protection et la remise en état de plus de 1.5 million d'hectares de terres humides, localisées surtout dans l'ouest du Canada et la région des Grands lacs, d'ici l'an 2000. Le plan recommande également l'établissement d'un système de contrôle et d'un inventaire permanents (Environnement Canada et United States Department of the Interior, 1986).

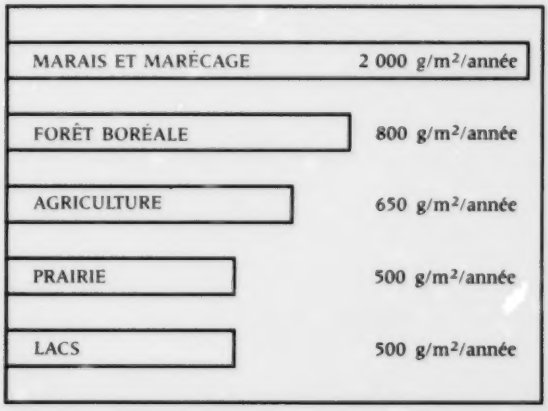
Au niveau provincial, il y a eu d'importantes réalisations. Les efforts de conservation sont bien appuyés par des programmes d'inventaire et d'évaluation qui assurent un contrôle et permettent l'élaboration de stratégies et de politiques. Les programmes majeurs entrepris au Canada jusqu'à présent comprennent : (1) le Programme de cartographie et de désignation des terres humides à des fins de protection, un effort conjoint fédéral-provincial réalisé à l'Île-du-Prince-Édouard, en Nouvelle-Écosse et au Nouveau-Brunswick; (2) les programmes d'évaluation des ressources en tourbe du Nouveau-Brunswick, de Terre-Neuve et de Nouvelle-Écosse; (3) le Programme d'inventaire des ressources en tourbe de l'Ontario et le Programme d'évaluation des terres humides de l'Ontario; (4) le Programme d'information sur les ressources du Nord au Manitoba; (5) le Programme d'inventaire des terres humides en Saskatchewan; et (6) le Programme de cartographie et de classification des habitats dans les estuaires de la Colombie-Britannique. Canards illimités (Canada) a également joué un rôle-clé dans la protection et le rétablissement de plus de 1.4 million d'hectares de terres humides au Canada grâce à un financement privé.

La Province de l'Ontario a donné un exemple particulièrement notable d'efforts en vue de la conservation des terres humides quand elle a élaboré en 1984, des lignes directrices sur la gestion du milieu qui facilitent l'établissement d'une politique provinciale sur les terres humides. En 1986, le Québec a annoncé une nouvelle réglementation devant entrer en vigueur en 1987 pour protéger la plus grande partie des terres humides fluviatiles et côtières de la province. En Colombie-Britannique, les évaluations de terres humides se concrétisent par la protection d'un réseau varié de terres humides estuariennes.

Ces mesures sont de bon augure pour la conservation des terres humides au Canada. Lors de la Conférence internationale de la stratégie mondiale de la conservation, tenue à Ottawa en 1986, le Canada a reconnu les terres humides comme une question de conservation nationale prioritaire, avec l'appui des provinces, des territoires et de parties intéressées. Il s'agissait d'une reconnaissance capitale de la nécessité impérieuse d'une action coordonnée de coopération (Environnement Canada, 1986).

Productivité et diversité de l'habitat

Les marais, les marécages et les plans d'eau peu profonde occupent une position unique entre les milieux aquatique et terrestre, ils sont souvent très productifs ou constituent des environnements très "fertiles", qui offrent un habitat à une gamme variée de plantes et d'animaux et entretiennent une chaîne complexe de transferts d'énergie. Plus de 45 espèces d'oiseaux aquatiques, 155 autres espèces d'oiseaux, 50 espèces de mammifères et une flore variée sont tributaires des terres humides (S. Price, communication personnelle). La densité et la diversité biotiques des terres humides sont souvent supérieures à celles des bas plateaux adjacents (Shay, 1981) (figure 10–1). Cependant, les terres humides pauvres en éléments nutritifs, comme les bogs et certains types de fens, abritent une flore et une faune dont la diversité est limitée.



Source: Shay (1981).

Figure 10–1.
Productivité primaire nette d'écosystèmes choisis (grammes de matières sèches par mètre carré par année).

Les valeurs fauniques ont constitué le principal facteur justifiant la reconnaissance et la protection des terres humides (figure 10–2), surtout en raison de leur visibilité, de l'intérêt et du soutien publics considérables ainsi que de la possibilité de quantifier plus facilement les incidences possibles sur l'habitat. Comme ces systèmes naturels sont maintenus en qualité d'habitats halieutiques ou fauniques, ils continuent d'assurer leurs multiples fonctions inhérentes.

L'habitat de terres humides au Canada se distingue particulièrement par son rôle de soutien des espèces d'oiseaux aquatiques du continent et constitue la cible du Plan nord- américain de gestion des oiseaux aquatiques. Les cuvettes des Prairies fournissent l'habitat qui produit environ 50 % de la population de sauvagine d'Amérique du Nord. Chaque année, les oiseaux aquatiques empruntent quatre routes principales de migration (du Pacifique, du Centre, du Mississippi et de l'Atlantique), et fréquentent les terres humides pour s'alimenter, se reposer, s'accoupler et nicher. En plus des oiseaux aquatiques, on compte parmi les groupes dominants d'oiseaux utilisant les terres humides salines et d'eau douce, des rapaces, des oiseaux de rivage et des oiseaux chanteurs. Le carouge à épaulettes (*Agelaius phoeniceus*) par exemple, est l'une des espèces les plus fréquemment observées parmi les roseaux des étangs et les arbrisseaux des milieux humides. On voit souvent des hérons, des pygargues à tête blanche (*Haliaeetus leucocephalus*) et des balbuzards (*Pandion haliaetus*) en quête de poissons. Les éperviers, qui recherchent de plus petits oiseaux et des souris, sont aussi une espèce caractéristique de l'habitat des terres humides. Au Québec, les oies des neiges (*Anser caerulescens atlantica*) sont les principales utilisatrices des terres humides de *Scirpus* dans la réserve faunique nationale de Cap-Tourmente. Dans le Nord, les principaux sanctuaires d'oiseaux migrateurs sont en grande partie des terres humides utilisées par les oiseaux aquatiques et les oiseaux migrateurs, ces sanctuaires comprennent la grande plaine de Koukdjuak sur la Terre de Baffin, et le delta de la rivière Anderson. Ces deux milieux abritent un pourcentage important des populations d'oies des neiges (*Anser caerulescens*) et de canards d'Amérique du Nord pendant certains mois d'été.

De nombreux mammifères sont adaptés à l'eau et à la végétation hydrophile ou à l'habitat des terres humides, tandis que d'autres espèces des bas plateaux utilisent les terres humides pour se nourrir, échapper aux prédateurs et se reproduire. Le rat musqué (*Ondatra zibethicus*) et le castor (*Castor canadensis*), espèces très répandues, sont les plus communes au Canada, fréquentant divers types de terres humides. D'autres mammifères petits et gros, comme les souris, les campagnols, les musaraignes palustres, les visons, les ratons laveurs, les lapins et les lièvres, les orignaux, les cerfs, les caribous et les ours, profitent de l'environnement des terres humides. Les estuaires sont fréquentés par des mammifères marins comme les phoques communs (*Phoca vitulina*), les otaries (*Eumetopias jubata*) et les loutres (*Lontra canadensis*).

Dans les estuaires ou les régions côtières, les terres humides sont essentielles à la survie de divers poissons et invertébrés. Tributaires des estuaires ou associés à ces derniers, les coquillages, les poissons et les crustacés utilisent cet habitat pour s'alimenter, échap-

Figure 10–2.
Les terres humides assurent un habitat essentiel à de nombreuses espèces de sauvagine ainsi que des fonctions écologiques vitales pour la faune.

per à leurs prédateurs, s'accoupler, frayer et élever leurs petits. Les terres humides d'eau douce fournissent également un milieu propice au frai et à l'élevage des jeunes ainsi qu'un abri contre les prédateurs pour un grand nombre de poissons non marins. La plupart des espèces d'eau douce frayent seulement dans les eaux peu profondes, et les parties inondables des réseaux fluviaux sont les meilleures aires de reproduction pour une grande variété d'espèces adaptées aux eaux chaudes (Reppert *et al.*, 1979).

La valeur des terres humides pour les invertébrés, les reptiles et les amphibiens n'est pas bien connue. Les escargots, les salamandres et les serpents n'ont pas enchanté l'imagination populaire de façon à inspirer des campagnes pour protéger les terres humides (Clark, 1978). Cependant, les invertébrés et les vertébrés à sang froid sont également précieux et présentent une importance écologique considérable, car ils contribuent au maintien de l'ensemble de la communauté faunique des terres humides par leurs fonctions trophiques et non trophiques (Clark, 1978).

Les terres humides constituent aussi des habitats d'une importance cruciale pour de nombreuses espèces en voie de disparition. Présentées au tableau 10–3, ces espèces, qui ont été classées par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada, (CSEMDC) en comprennent un grand nombre qui utilisent des habitats fluviatiles et des terres humides, à savoir 35 espèces de poissons, d'oiseaux, d'animaux ou de plantes sur environ une centaine classées actuellement par le CSEMDC.

Fonctions hydrologiques et biogéochimiques

L'hydrologie des terres humides, c'est-à-dire la quantité, la qualité et le mouvement de l'eau, est un facteur-clé dont dépendent toutes les autres valeurs des terres humides. Les terres humides jouent également un rôle important dans l'hydrologie des bassins versants, souvent en atténuant les débits de pointe de crue ainsi que les débits d'orage, en modifiant la qualité de l'eau et en protégeant les rivages contre l'érosion. La conservation des terres humides, ne serait-ce que pour des raisons hydrologiques, a été déclarée une question-clé dans l'Enquête sur la politique fédérale sur les eaux (Canada, 1985).

À des degrés divers, les eaux pluviales et de crue sont temporairement emmagasinés ou retenues par les terres humides dans un bassin de drainage. Les pointes hydrographiques peuvent être modifiés par les terres humides en raison de la topographie de ces dernières, de la capacité d'entreposage de leur sol et des dégorgeoirs limités. Quoiqu'on maintienne souvent que les terres humides libèrent les eaux entreposées pendant les périodes de sécheresse pour maintenir les débits, ces eaux sont d'habitude éliminées du système de terres humides pendant la saison de croissance végétale par les plantes (évapotranspiration) et les surfaces d'eaux libres (évaporation), au détriment du débit des cours d'eau ou de l'alimenta-

Tableau 10–3. Espèces désignées des terres humides et des cours d'eau, identifiées par le Comité sur le statut des espèces menacées de disparition au Canada (CSEMDC) en avril 1985

Désignation du CSEMDC	*Mammifères*	*Oiseaux*	*Poissons*	*Plantes*
En danger de disparition	(C)*Béluga (T)*Bison des bois	(T) Pluvier siffleur (T) Grue blanche d'Amérique	(C) Gravelier	(T) Coréopsis (rose) (T) Polygale commun (rose) (T) Adiante pédalé (du sud) (T) Petit cypripède blanc (T) Hydrocotyle
Menacées	—	(T) Pinson de Henslow (T) Pélican blanc	(C) Chabot à tête courte	(T) Carmantine d'Amérique (T) Gentiane de Plymouth
Rares	—	(T) Sterne Caspienne (T) Râle élégant (T) Fauvette orangée (T) Mouette rosée (T) Cygne trompette	(C) Méné à grande bouche (C) Fondulé rayé (C) Chat-fou tacheté (C) Roule-caillou (C) Épinoche des îles de la Reine Charlotte (C) Épinoche géante (C) Petit-bec (C) Méné camus (C) Suceur ballot (C) Esturgeon à museau court (C) Couette (C) Méné à nageoires rouges (C) Naseux moucheté (C) Lépisosté tacheté (C) Meunier tacheté	

**C—Espèce des cours d'eau. T—Espèce des terres humides.*

Le CSEMDC étudie les données provenant des sources les plus fiables et classe les espèces dans des catégories suivantes :

EN DANGER DE DISPARITION — *Toute espèce indigène, faunique ou floristique, dont l'existence au Canada est menacée de disparition immédiate dans toute son aire de répartition ou une partie importante de celle-ci, en raison de l'action de l'Homme.*

MENACÉE — *Toute espèce indigène, faunique ou floristique, qui pourrait vraisemblablement être en danger de disparition au Canada si les facteurs qui l'affectent ne sont pas inversés.*

RARE — *Toute espèce indigène, faunique ou floristique, qui, à cause de ses caractéristiques biologiques, ou parce qu'elle vit à la limite de son aire de répartition, ou pour toute autre raison, existe en petits nombres ou dans des régions très restreintes au Canada, mais qui n'est pas une espèce menacée.*

DÉRACINÉE — *Toute espèce indigène, faunique ou floristique, qui n'existe plus à l'état sauvage au Canada, mais qui existe ailleurs.*

DISPARUE — *Toute espèce indigène, faunique ou floristique, autrefois indigène au Canada, mais qui n'existe plus nulle part.*

Source : Price (communication personnelle).

tion de la nappe phréatique. Il faut de nouvelles recherches sur les effets de modification des débits de pointe de crue ou d'orage par les terres humides et sur la prévision des effets hydrologiques des pertes de terres humides. La valeur économique des terres humides dans le secteur de la modification des débits de cours d'eau dépasserait 100 000$/ha selon des études effectuées au Michigan (Richardson, 1981). En ce qui concerne le sud de l'Ontario, la protection des bassins versants stabilisés par les terres humides restantes équivaudrait à une valeur fixe de plus de 2.7 milliards de dollars.

Les vastes terres humides dans les régions urbaines ou agricoles pourraient jouer un rôle important comme système d'épuration des eaux, système fonctionnant à l'énergie solaire. Les sols et la végétation de cet écosystème transforment les eaux qui entrent dans le milieu en recyclant des éléments, en emmagasinant des matières organiques et d'autres ions, et en modifiant la température de l'eau. Les terres humides d'eau douce "emprisonnent" l'azote (N) et le phosphore (P), au moins sur une base saisonnière, et servent de bassins de sédimentation. Whillans (1985) a indiqué une valeur possible de 50 000$/ha de terres humides pour la protection des bassins versants du Michigan par l'épuration des eaux et des bassins de collecte des polluants. Selon cette valeur des terres humides du sud de l'Ontario, par exemple, présenteraient une valeur fixe dépassant 1.3 milliard de dollars. De plus en plus de données révèlent un potentiel considérable quant à l'utilisation des terres humides d'eau douce pour le traitement tertiaire des eaux usées (Wile et Miller, 1981; Horwitz, 1978; Kadlec, 1978). Les terres humides pourraient également jouer un rôle important dans la modification des précipitations acides ainsi que des effets du soufre (S)

et des métaux lourds sur les écosystèmes aquatiques dans des régions vulnérables (Anderson, 1986). Ces terres peuvent aussi isoler les résidus de pesticides contenus dans les ruissellements agricoles (herbicides et insecticides) dans les régions cultivées.

La végétation des terres humides joue un rôle de premier plan dans la lutte contre l'érosion en liant et en stabilisant les substrats des rivages et en dissipant l'énergie des vagues, des courants et des marées le long des littoraux marins et d'eaux douce. La suppression de la végétation des rivages et des estuaires élimine effectivement la zone tampon protégeant les bas plateaux, ce qui accélère parfois l'érosion et entraîne des grands coûts pour les propriétaires fonciers et les citoyens. Comme dans le cas des plaines d'inondation fluviales, les terres humides estuariennes forment un milieu où l'eau peut se répandre et où la végétation en ralentit le débit. Les limites inhérentes de la végétation des terres humides dans la protection contre l'érosion comprennent l'érosion par les vagues et l'eau, les dommages graves causés par la glace et les débris flottants, et l'envasement lors d'inondations (Allen, 1978).

Figure 10–3.
Promenade publique qui traverse les marais côtiers au Parc national de Pointe Pelée, sud-ouest de l'Ontario.

Valeurs récréatives, scientifiques et éducatives

Les loisirs de plein air (notamment toutes les activités qui permettent de se régénérer ou de se détendre) prennent une importance de plus en plus grande à l'échelle nationale en raison de l'augmentation du temps de loisirs et d'une tendance vers un niveau de vie plus élevé. Les terres humides constituent un milieu récréatif pour les naturalistes, les photographes, les artistes, les canoéistes, les ornithologues amateurs, les chasseurs, les pêcheurs, les amateurs de randonnée, et d'autres qui s'adonnent à des activités de plein air. Certaines activités de cueillette de nourriture, qui peuvent être considérées comme récréatives, se situent dans les limites des terres humides ou à leur proximité, notamment la récolte de palourdes dans les vasières ou la cueillette de baies. On trouve, au nombre des milieux récréatifs largement constitués de terres humides, le Parc national de Pointe Pelée (figure 10–3) et le marais de Big Creek dans la Réserve nationale de la faune de Longue Pointe (Ontario), la Réserve nationale de la faune de Cap-Tourmente (Québec), le Parc national de Kouchibouguac

Tableau 10–4. Dépenses des utilisateurs du marais de la pointe Pelée à des fins récréatives

Dépenses moyennes des groupes d'utilisateurs	*Observateurs de la nature*	*Canoéistes*	*Utilisateurs primaires*	*Utilisateurs secondaires***
	n = 54	n = 9	n = 68	n = 100
Déplacements	10.10 $	3.78 $	8.89 $	9.03 $
Logement	6.83	0	5.44	6.67
Repas et consommations	9.48	3.64	8.06	10.10
Autre	6.30	5.64	6.29	4.89
Dépenses totales	32.71	13.06	28.68	30.69
Dépenses locales	31.66	7.23	27.70	29.33
Nombre estimé de groupes d'utilisateurs			21 379	29 560
Dépenses totales estimées (1 066 748 $)			613 150*	453 598**
Dépenses locales estimées (1 025 695 $)			592 198 $	433 497 $**

Source : Modifié d'après Kreutswiser (1981).

**Dépenses moyennes des groupes d'utilisateurs pour tous les utilisateurs primaires répondants, y compris quatre pêcheurs.*

***En supposant que la moitié des dépenses moyennes des utilisateurs secondaires soient attribuables à la composante récréative de leur visite dans les terres humides.*

(Nouveau-Brunswick), le marais du Delta (Manitoba), le lac Last Mountain (Saskatchewan), et le delta inférieur du Fraser (Colombie-Britannique). De nombreuses autres terres humides réparties à travers le pays et dont plusieurs sont des réserves fauniques ou écologiques offrent aux résidents de la région ou de la place des possibilités récréatives. Kreutswiser (1980) a estimé la valeur du marais de Pointe Pelée le long du lac Érié en tant que ressource récréative importante (tableau 10–4). Coley (1985) a fixé la valeur de la pêche, de la chasse et du piégeage sportifs comme activités récréatives de prélèvement qui ont lieu dans les terres humides à environ 1.5 milliard de dollars par année (en dollars de 1981). Encore selon Coley, la valeur annuelle des activités récréatives sans prélèvement dans les terres humides, dépasse trois milliards de dollars.

L'appréciation visuelle ou esthétique de l'environnement des terres humides est étroitement liée à de nombreuses activités pratiquées dans ce milieu. Il en est de même la diversité et les contrastes visuels offerts par des paysages caractéristiques et des éléments biologiques et physiques uniques peuvent plaire au sens esthétique. Les terres humides situées dans des milieux construits sont particulièrement importantes, car elles brisent la monotonie de l'environnement industriel–urbain en offrant des distractions visuelles, auditives et olfactives.

Les terres humides servent également de matériel éducatif de plein air ou d'éléments d'histoire naturelle et de laboratoires scientifiques (figure 10–4, a et b). Elles offrent une excellente base de ressources pour la recherche, l'enseignement ou l'étude des structures et des fonctions des écosystèmes. Les principes écologiques des systèmes naturels, comme le flux d'énergie, la diversité, le recyclage et la capacité biotique limitée, peuvent s'y voir concrètement. Des problèmes environnementaux causés par le fait de négliger l'applicabilité de ces concepts à nos activités, peuvent être simulés et étudiés dans le but de mieux comprendre les interactions homme-environnement.

Récolte des ressources renouvelables

Les Canadiens retirent également, de façon directe, des avantages économiques et autres de la productivité des terres humides. Par exemple, le riz sauvage et les atocas y sont récoltés dans les terres humides. Il existe au moins huit usines de transformation du riz sauvage au Canada, dont la production annuelle a varié entre 200 000 et 500 000 kg, ce qui représente une valeur allant jusqu'à 7 millions de dollars par an pour la période 1980–1982 (Winchell et Dahl, 1984). Ces usines sont concentrées en Saskatchewan, au Manitoba et en Ontario; il y a maintenant une exploitation limitée en Nouvelle-Écosse. À certains endroits, le foin des marais est coupé pour servir de fourrage d'hiver.

La pêche et la chasse dans les terres humides sont pratiquées à des fins sportives et commerciales ou sont la base de modes de vie plus traditionnels. Plu-

(a)

(b)

Figure 10–4.
L'étude de l'écologie des tourbières et de l'histoire de leur formation comprend l'analyse intégrée de la végétation, des eaux, de la physiographie et du carottage de la tourbe. Ici, des chercheurs (a) au Parc national Kejimkujik en Nouvelle-Écosse et (b) au Parc national de Kouchibouguac au Nouveau-Brunswick.

Tableau 10–5. Valeurs des pêches dans les terres humides (1983)*

Secteurs des pêches	*Poissons de mer 1983 Valeur au débarquement (000 $)*	*Poissons d'eau douce 1983 Valeur au débarquement (000 $)*
Pêche en eau douce		
Esturgeon (× 30%)	—	108
Barbotte	—	446
Cisco d'Alaska (× 30%)	—	3 907
Doré	—	1 873
Brochet		
Perche	—	11 972
Carpe	—	160
Malachigan	—	130
Pêches de poissons de fond de mer		
Poisson plat (Plie × 20%)	5 004	—
Merlu	20	—
Pêche de poissons pélagiques et autres de mer et d'eau douce		
Gaspareau (× 30%)	212	70
Anguille	961	392
Saumon (× 30%)	34 794	40
Éperlan	491	3 686
Capelan	5 621	—
Alose (× 30%)	14	—
Pêche océanique de mollusques et de crustacés		
Palourde (× 75%)	5 612	—
Huître	2 927	—
Pêche en eau douce totale	—	22 787
Pêche océanique totale	55 656	—
Pêche totale dans les terres humides en 1983	78 443	

Sources : Interprétation d'après Pêches et Océans Canada (1985) et Statistique Canada (1985a).

**Le tableau inclut des espèces piscicoles considérées comme dépendantes en partie ou en totalité des terres humides côtières et intérieures, des eaux profondes et des estuaires au Canada, pour l'alimentation, la reproduction ou d'autres fonctions essentielles à la vie (P.J. Rubec et J.S. Beckett, communications personnelles).*

sieurs mammifères à fourrure, qui dépendent beaucoup des habitats du milieu humide, sont chassés ou piégés à des fins commerciales pour leur peau ou leur viande. En 1976, la valeur pour le Canada du vison, du castor et du rat musqué a dépassé, à elle seule, 50 millions de dollars (Statistique Canada, 1985b). On a estimé à plus de 19 millions de dollars par année la valeur du piégeage autochtone et commercial dans les terres humides (Coley, 1985). Un grand nombre d'espèces de poissons et de mollusques, parmi celles qui présentent la plus grande valeur commerciale aux États-Unis, et probablement au Canada, dépendent des terres humides et des estuaires (Horwitz, 1978). Des données publiées pour 1983 (Pêches et Océans Canada, 1985; Statistique Canada, 1985a) indique que la valeur nationale au débarquement de telles espèces peut avoir dépassé 78 millions de dollars, soit une importante partie des revenus de la pêche canadienne pour l'année (tableau 10–5). La pisciculture de plusieurs espèces est une entreprise commerciale en plein essor dans l'ouest du Canada ou les terres humides d'eau douce servent de bassins. Par exemple, on effectue chaque année, grâce à cette méthode, une importante récolte automnale de truite arc-en-ciel. Selon des prévisions, il existerait, en Saskatchewan seulement, un marché intérieur possible de 2.3 millions de dollars (G.D. Adams, communication personnelle).

Une étude d'Environnement Canada sur la valeur économique de la sauvagine canadienne a permis de conclure que les Canadiens retiraient de cette ressource des profits nets annuels de l'ordre de 118 millions de dollars, ce qui explique l'importance de la conservation de l'habitat des terres humides (Fogarty *et al.*, 1982).

La politique de conversion

Dans tout le Canada, les terres humides sont soumises à une vaste gamme de pressions, y compris le drainage à des fins agricoles et d'expansion urbaine, le remblayage pour l'aménagement d'installations portuaires, de parcs industriels, de routes et de centres de loisirs de plein air, les récoltes à des fins horticoles et énergétiques, et la modification des régimes hydrologiques pour l'aménagement hydro-électrique ou la récolte forestière. Dans chaque secteur, les Canadiens ont retiré des avantages économiques considérables qui doivent être évalués en fonction des valeurs de conservation définies dans la section précédente sur la politique de conservation. L'exposé qui suit examine les principaux aspects de l'utilisation des ressources de terres humides au Canada qui, d'une façon ou d'une autre, en transforment, modifient ou détruisent la structure physique, le régime hydrologique, les sols ou le biote.

Défrichage agricole

Historiquement, le défrichage agricole effectué sur une grande échelle, a été la principale cause de la conversion des terres humides au Canada. La conversion des terres humides en terres agricoles a commencé avec l'arrivée des premiers colons et se poursuit toujours. Les questions importantes concernent les opérations suivantes :

(1) Le drainage, le remblayage et la mise en culture des terres humides de la région des kettles ou cuvettes des prairies dans l'ouest du Canada.

- L'Alberta, le Manitoba et la Saskatchewan possèdent la plus grande étendue de terre arable au Canada. Située dans le tiers sud des provinces, cette étendue est caractérisée par une abondance de marécages peu profonds ou de cuvettes, dont la taille varie de fractions d'hectare

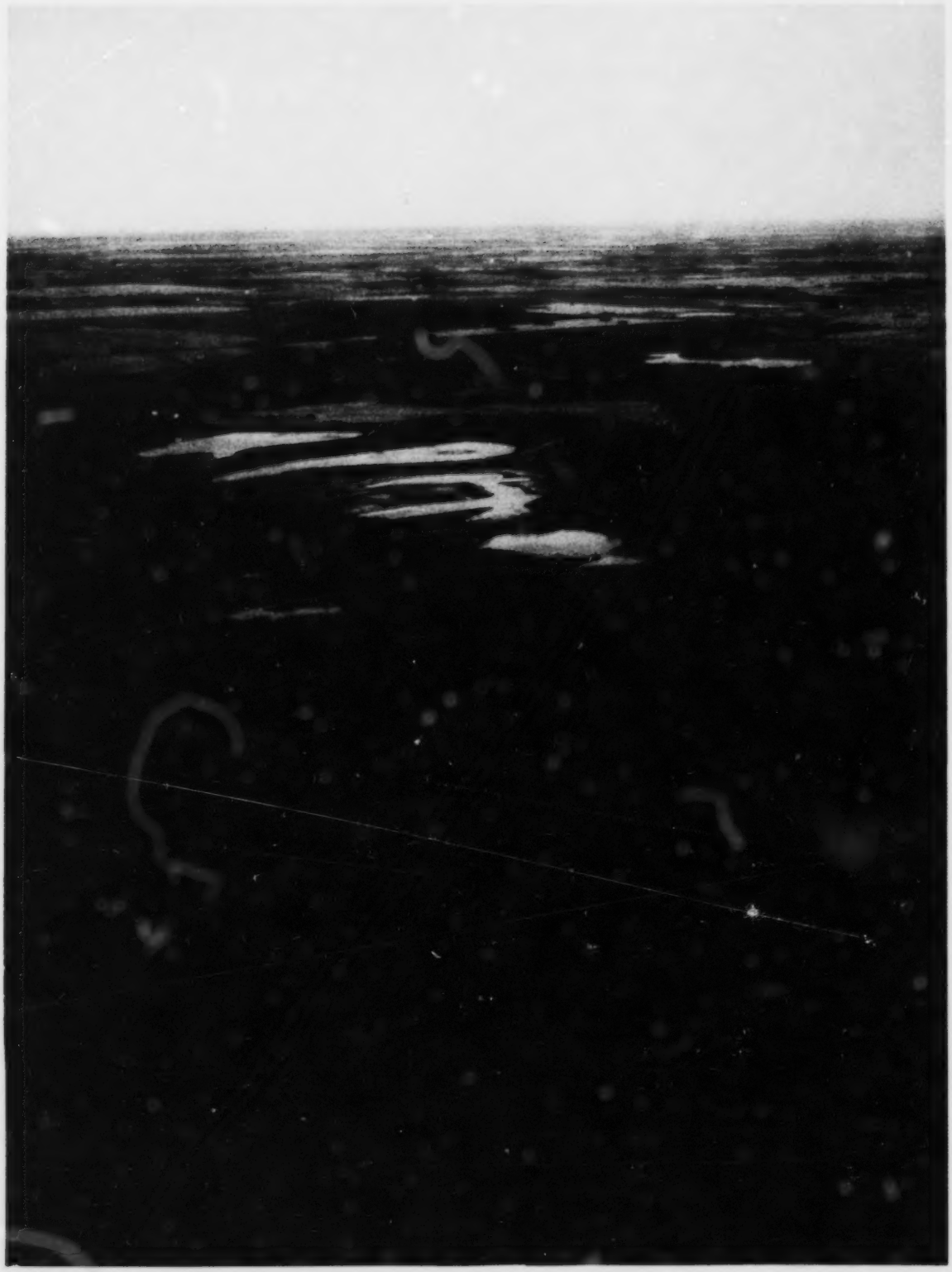


Figure 10–5.
La région des cuvettes de la Prairie dans le sud-ouest du Manitoba, près de Minnedosa, montrant une mosaïque de petites terres humides et l'utilisation intensive des terres agricoles.

à plusieurs centaines d'hectares (figure 10–5). En raison de la densité élevée des terres humides, la région est devenue un élément vital de l'habitat des oiseaux migrateurs de l'Amérique du Nord. Ces oiseaux, particulièrement la sauvagine, utilisent les terres humides pour chercher leur nourriture, construire leur nid, élever leurs jeunes, se cacher des prédateurs et se reposer pendant les migrations.

- L'intense conflit au sujet de l'utilisation des terres humides des Prairies soit comme habitat faunique, soit à des fins agricoles est la question la plus documentée au Canada concernant les terres humides. Les pertes d'habitats de terres humides au profit de l'agriculture au cours du dernier siècle ont été progressives et graves, se produisant dans tous les secteurs de la région des cuvettes des Prairies. En plus de la perte directe des bassins de terres humides par le drainage artificiel, l'intensification de l'agriculture entraîne souvent la détérioration de la végétation en lisière des marais, la composante essentielle de l'habitat des oiseaux aquatiques sur les bas plateaux. Cette réduction généralisée de l'habitat est un facteur important dans la diminution de la production annuelle de sauvagine, particulièrement depuis 1960 (Mattson *et al.*, 1978; Rakowski, 1980).

(2) La construction de digues visant à protéger de vastes étendues de marais salés contre l'inondation par les marées.

- Certaines des terres marécageuses les plus étendues et les plus importantes de la région du Canada atlantique sont également un point de contestation entre l'agriculture et l'habitat faunique : le marais Tantramar (à cheval sur la frontière de la Nouvelle-Écosse et du Nouveau-Brunswick, au fond de la baie de Fundy); la vallée d'Annapolis (dans le centre-ouest de la Nouvelle-Écosse); l'estuaire et le delta du Fraser (dans le sud de la Colombie-Britannique); le lac Saint-Pierre, la région de Kamouraska et l'estuaire du Saint-Laurent (au Québec). Quoique les digues sur les côtes aient été construites le plus souvent pour protéger les terres des inondations, grand nombre de ces terres servent maintenant à la culture de fourrage, de fruits et de légumes et comme pâturages pour le bétail.

(3) La mise en culture des terres humides bordant les lacs et les rivières, ainsi que des bogs, des marais et des marécages dispersés à l'intérieur des terres.

- Les vastes terres humides organiques du district de Cariboo–Chilcotin (Colombie-Britannique) ont une importance primordiale pour les activités d'élevage, notamment la production du foin ou le pâturage du bétail à l'automne et en hiver. Ces terres font l'objet de pressions accrues pour une gestion plus active et une conversion plus extensive.
- Il y a eu un sérieux drainage de quatre importantes plaines d'inondation fluviales en Nouvelle-Écosse, soit celles des rivières Cornwallis, Annapolis, Musquodoboit et Shubenacadie, qui forment le principal secteur agricole de cette province.
- L'assèchement des terres à des fins agricoles a été défini comme le principal facteur dans la réduction de la superficie des terres humides du sud de l'Ontario (Snell, 1987; Bardecki, 1984). Étant donné que ces terres servent de haltes aux oiseaux aquatiques en migration, d'habitat pour les poissons et la faune, ainsi que de zones tampons des rivages des Grands Lacs contre les inondations et l'érosion, on s'inquiète beaucoup de la poursuite d'un drainage à petite échelle.
- Un certain nombre de tourbières ont été asséchées pour donner des terres agricoles très productives. Des milieux dans le bas Saint-Laurent au Québec, le marais Holland dans le sud de l'Ontario, les tourbières dans le sud-est du Manitoba et le delta du Fraser en Colombie-Britannique en sont des exemples. Cependant, dans certains cas, comme celui du bog Alfred dans l'est de l'Ontario, le drainage des tourbières a entraîné la perte d'un habitat faunique de grande valeur et d'une flore relativement rare, ainsi que la dégradation des terres adjacentes protégées à des fins de conservation.

Au début, les terres humides étaient mises en culture en raison de leurs possibilités comme terres productives. Plus récemment, le drainage des terres humides a souvent été effectué par suite de pressions économiques visant à faire produire toutes les parcelles possibles de terre arable (figure 10–6). L'expansion agricole sur les terres marginales, y compris les terres humides, a été favorisée par une demande accrue de biens de consommation, l'existence de marchés, des coûts de production en hausse et le besoin associé d'augmenter l'efficacité de l'exploitation agricole, ainsi que par des subventions gouvernementales. Dans certains cas, l'aménagement de terres arables de choix à des fins autres qu'agricoles repousse la culture sur des terres marginales moins productives, y compris les terres humides. Dans d'autres cas, la demande croissante de terres agricoles et l'augmentation subséquente des prix de ces terres ou des impôts entraînent l'amélioration des ressources existantes, y compris le drainage des terres humides, plutôt que l'acquisition de nouvelles terres. Cependant, l'utilisation des terres humides à des fins agricoles suscite de sérieuses questions à travers le pays, à savoir leur valeur pour la production de cultures, les coûts économiques et environnementaux du drainage, et les subsides gouvernementaux.

L'utilisation agricole des terres humides s'est révélée fructueuse dans certaines parties du pays. La culture maraîchère, une industrie d'importance régionale et nationale, qui rapporte plus de 100 millions de dollars par année, a été basée sur des tourbières telles les terres agricoles fertiles du delta du Fraser en Colombie-Britannique. Cependant, il y a de nombreux documents qui rapportent des plans d'assèchement dont les avantages agricoles furent limités. Reed

Figure 10–6.
Le drainage des terres humides à des fins agricoles représente le principal facteur de conversion d'utilisation des terres humides au Canada. Le marais Ford sur le lac St. Clair en Ontario a été modifié de façon importante par l'installation de canaux de drainage.

et Smith (1972) ont indiqué que de nombreux hectares de terres protégées par des digues demeurent inutilisés aux Maritimes en raison de la faible valeur agricole des marais salés asséchés, un phénomène qui est souvent dû à la salinité résiduelle élevée du sol. Lors d'une étude des projets de drainage, Found *et al.* (1975) ont mentionné des projets dont les rapports coûts-bénéfices étaient médiocres, particulièrement dans l'est et le nord de l'Ontario. D'autres études de cas (Day *et al.*, 1976; Diebolt, 1981) révèlent que le drainage n'avait pas donné l'augmentation escomptée de la productivité agricole. Le déboisement et l'assèchement de terres humides des Prairies provoquent souvent une salinisation accrue du sol, ce qui réduit en définitive le succès des cultures (Cowan, 1982). Le drainage des terres humides entraîne non seulement des coûts financiers mais aussi des coûts environnementaux possibles comme la modification des niveaux d'eaux souterraines, de la qualité de l'eau, et des débits des cours d'eau sur les plans quantitatif et temporel, entraînant souvent une inondation en aval, la réduction des débits de base ainsi que la perte de végétation et d'habitats fauniques.

La législation, tant fédérale que provinciale, a été critiquée d'avoir accéléré le drainage des terres humides à des fins agricoles, particulièrement par le biais de programmes qui comprennent des subventions et des ententes de coûts partagés (Bardecki, 1981, 1984; Day *et al.*, 1976; Found *et al.*, 1975). L'évaluation de l'Entente subsidiaire Canada–Ontario sur le drainage dans l'est de l'Ontario faite par Cecile *et al.* (1985) a indiqué que la plus grande partie du drainage entrepris dans cette région n'a pas été rentable (c'est-à-dire que les coûts ne seront jamais amortis par une production agricole accrue) et qu'en fait, elle a eu de considérables incidences environnementales négatives.

L'impôt foncier et les systèmes de contingentement encouragent les agriculteurs à mettre en valeur les terres mal drainées. Cependant, on n'exige généralement pas d'analyse complète des coûts-bénéfices et d'évaluation des effets environnementaux liés aux projets de drainage. Le protocole actuel utilisé pour obtenir l'approbation et l'aide nécessaire à la construction de drains ne tient pas suffisamment compte des utilisations et des valeurs des terres humides, ainsi que des conséquences du drainage.

Utilisations urbaines et industrielles

Quoique la conversion à des fins urbaines et industrielles n'est pas aussi importante que celle à des fins agricoles, elle entraîne une transformation progres-

Figure 10–7.
L'expansion urbaine (ici près de Hull au Québec) s'est faite au détriment de la plupart des terres humides près des villes canadiennes. Celles qui restent sont rares et pourraient bien représenter les terres humides les plus précieuses du pays.

sive des terres humides, qui exclut toutes les autres utilisations. Partout au Canada, les terres humides ont été aménagées pour faire place à des installations portuaires, des usines, des décharges, des entrepôts, des routes, des aéroports, des lotissements résidentiels, des servitudes de passage pour les services publics et des centres commerciaux. Depuis 1950, des pressions accrues exercées en vue du dragage, du drainage et du remblayage de terres humides pour ces aménagements ont contribué à réduire considérablement cette base de ressources. Les terres humides près de centres urbains sont soumises à des contraintes particulièrement graves mais sont néanmoins les terres humides qui présentent le plus de valeur pour les citadins en raison de leur facilité d'accès (figure 10–7). Rubec (1980) a estimé que moins de 0.2 % de toutes les terres humides du Canada se trouvent dans un rayon de 40 km du centre des villes où habite plus de 55 % de la population canadienne—dans les 23 plus grandes communautés métropolitaines.

Les rivages du Saint-Laurent et du réseau inférieur des Grands Lacs ainsi que les côtes est et ouest du Canada sont visés par cette expansion urbaine. Véritables pôles du développement urbain, on a toujours établi bon nombre de centres importants à côté de ports naturels, ce qui facilitait le transport des ressources renouvelables et des biens manufacturés.

Le lac Ontario a perdu rapidement des étendues considérables de terres marécageuses le long de ses rives par suite de l'expansion urbaine et industrielle, surtout le long du littoral ouest très peuplé entre la rivière Niagara et les environs d'Oshawa. Des industries et des installations portuaires occupent la plus grande partie des marais asséchés, suivis par les installations et les services publics urbains et les installations d'activités résidentielles (Lemay, 1980). En fait, il ne se trouve aucun port naturel le long du lac Ontario qui ne possède ses installations portuaires (Laidlaw, 1978). Les nouvelles installations portuaires sur le bord du lac Érié, auxquelles sont associés l'expansion urbaine et les complexes industriels, augmentent les risques d'effets environnementaux négatifs et de conflits d'utilisation des ressources dans la région.

La rive nord du Saint-Laurent constitue une autre zone d'aménagement urbain et industriel, particulièrement autour d'importants centres portuaires comme Montréal, Québec et Trois-Rivières. La construction résidentielle, le dragage des ports, l'installation des services publics et l'expansion industrielle y sont les principales utilisations qui empiètent sur les terres humides (Le Groupe Dryade, 1980). Le plus grave sujet de préoccupation dans cette région est la réduction des principaux habitats d'oiseaux migrateurs. Bien que le taux de changement dans l'utilisation des terres semble diminuer, les pressions actuelles sont loin d'être négligeables dans le contexte d'une base de ressources réduite (Environnement Canada, 1986a).

Les zones côtières canadiennes de l'Atlantique et du Pacifique sont également soumises à des pressions en vue de leur aménagement à des fins urbaines et industrielles. On s'inquiète de l'empiètement sur les marais salés côtiers et les marais d'eau douce des deltas, ainsi que des effets sur les ressources halieutiques et fauniques, particulièrement les salmonidés et les oiseaux aquatiques.

Le long de la côte du Pacifique, l'aménagement urbain et la population sont concentrés dans les environs du détroit de Georgie, qui comprennent la partie sud des terres continentales et la côte sud-est de l'île Vancouver. La conversion et la dégradation des terres humides de ce secteur sont surtout liées à l'expansion des installations de navigation (notamment un dragage important pour creuser le chenal de navigation), à d'importants plans d'endiguement contre les inondations, au remblayage à des fins d'aménagement industriel et résidentiel, et aux effets de la manutention et de l'entreposage du bois en grume ainsi que de la construction d'estacades flottantes sur l'écosystème estuarien. On s'inquiète particulièrement de l'estuaire du Fraser, lieu des plus grandes remontées de saumon au monde, habitat de la plus importante population hivernante de sauvagine au Canada, et

halte la plus cruciale du couloir migratoire du Pacifique pour les oiseaux.

Au nord du détroit de Georgie, les effets de l'aménagement ont été relativement peu importants. On craint cependant que la pression n'augmente en raison de besoins accrus d'entreposage et de transport du bois en grume et en raison de la construction d'installations portuaires pour le transport du charbon et du gaz venant de l'intérieur. Prince-Rupert, le plus important centre de la côte nord, est adjacent à l'estuaire de la rivière Skeena; cet estuaire et celui de la rivière Kitimat au sud, sont les pôles de l'aménagement dans le nord. Des facteurs comme la proximité relative du charbon et du gaz, l'existence d'installations portuaires déjà établies, et une énergie hydroélectrique abondante favorisent l'expansion de l'aménagement industriel.

En divers endroits dans les Prairies, de vastes terres humides salines sont dégradées par les résidus des usines d'extraction de la potasse et du sel ainsi que par les ruissellements provenant de ces résidus, qui contiennent souvent des concentrations élevées de contaminants toxiques.

Bien que les pressions urbaines et industrielles sur les terres humides de la côte est du Canada n'aient pas été aussi importantes que celles subies dans le détroit de Georgie, l'aménagement a considérablement modifié le paysage des terres humides. Reed et Smith (1972) notent l'influence prédominante de l'agriculture sur les terres humides et, dans une moindre mesure, la réduction de la superficie des marais salés attribuable aux effets de l'aménagement urbain et industriel.

Les terres côtières de l'Atlantique semblent être sur le point de subir des pressions accrues engendrées par des projets d'aménagement. Les questions courantes concernent les effets possibles de l'expansion urbaine et industrielle, particulièrement des routes et des installations portuaires, sur les vastes marais salés estuariens productifs, qui constituent un habitat important pour diverses populations aquatiques et fauniques. Les environs d'Halifax–Darmouth et de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) ont été soumis à des pressions considérables au cours des dernières années.

Au-delà de ces côtes, les terres humides voisines d'autres villes canadiennes font l'objet de pressions directes à des fins d'utilisations concurrentielles. La conversion collective de ces terres humides est particulièrement remarquable étant donné leur valeur comme ressource récréative et de conservation pour les résidents des centres urbains.

Exploitation de l'énergie

Les terres humides du Canada sont également menacées par la demande sans cesse croissante de production et de transport d'énergie. L'utilisation de réservoirs pour la production d'énergie hydro-électrique a entraîné l'inondation de vastes etendues de terres humides. La régularisation des débits des rivières a modifié les marais et les vasières des deltas. Les usines d'extraction des hydrocarbures lourds ont pollué les eaux des terres humides par leurs eaux usées, la boue de forage et les résidus d'hydrocarbures. Enfin, la construction et l'entretien d'un réseau étendu de lignes de transport ont perturbé un grand nombre de terres humides diverses. De plus, la recherche effectuée récemment en vue d'exploiter d'autres formes d'énergie a engendré de nouvelles menaces pour les terres humides, notamment le harnachement de l'énergie maréemotrice et l'extraction de la tourbe pour la production d'électricité (voir la section suivante sur la récolte de la tourbe).

Contrairement aux conversions directes à des fins agricoles et urbaines, la production d'énergie hydroélectrique peut changer profondément la nature et la superficie des terres humides d'un bassin versant. Les changements prévus des terres humides, qui résultent de tels aménagements, sont en général bien documentés dans les analyses des incidences environnementales des projets d'aménagement. Une étude du barrage W.A.C. Bennett sur la rivière Peace, illustre les effets en amont et en aval du projet hydroélectrique.

Un certain nombre de facteurs ont contribué à la nature très controversée de ce projet, ce qui a donné lieu à une étude approfondie du site. Par exemple, le delta des rivières Peace et Athabasca dans le nord-est de l'Alberta est considéré comme l'un des plus grands deltas d'eau douce et l'un des secteurs de terres humides les plus productifs au monde du point de vue biologique. Le delta est situé en majeure partie dans le parc national Wood Buffalo et couvre une superficie de 4 400 km², il s'agit du plus important delta du réseau des parcs nationaux. Il constitue un habitat de qualité pour les oiseaux aquatiques, ce qui est particulièrement important pendant les années de sécheresse dans le sud des prairies et en raison du drainage continu des cuvettes. Il s'agit d'un chaînon clé des quatre couloirs migratoires nord-américains qui le traversent. Le delta joue également un rôle majeur dans le bien-être et le mode de vie des résidents locaux et dans leur économie régionale.

La construction du barrage Bennett en 1968, à 1 170 km en amont, a effectivement réduit les crues de printemps et les niveaux moyens de l'eau dans le delta. Dès 1970, plus de 50 000 ha de vasières ont été exposées, ce qui a conduit au remplacement de la végétation originale du marais par des graminées et des saules rabougris. Des inondations causées par des embâcles ont permis à la végétation de se rétablir occasionnellement depuis 1972, quoique la survie à long terme de l'écologie du delta soit loin d'être assurée (Hughes et Cordes, 1981). Le Groupe du projet du delta de la Peace–Athabasca prevoit une réduction à long terme de 50 % du rivage, qui constitue un milieu important pour de nombreuses espèces fauniques. Le Groupe s'attend également à ce que la production d'oiseaux aquatiques diminue d'environ 20 à 30 % par suite de la perte d'habitat. Les dommages causés aux populations de poissons et d'autres animaux pourraient toucher une importante source de

revenu pour la réserve indienne Chipewyan, située dans la partie du delta constituée par le lac Athabasca.

Quoique la combinaison de ces facteurs ne soit pas caractéristique de tous les secteurs de terres humides qui subissent les effets de projets hydro-électriques, ce cas sert d'exemple pour montrer la nature des changements physiques et biologiques ainsi que les répercussions socio-économiques liés à la construction de barrages sur les rivières pour la production d'énergie. Cette question fournit également un bon exemple de la complexité du cadre légal et juridique de la gestion des eaux du Canada, étant donné que le lac Athabasca (adjacent au delta) traverse la Saskatchewan et l'Alberta, et que les sources de la rivière Peace se trouvent en Colombie-Britannique.

Certains problèmes observés dans le delta de la rivière Saskatchewan rassemblent à ceux du delta Peace–Athabasca, quoiqu'à une échelle réduite. Des modifications dans le débit des rivières Saskatchewan-Nord et Saskatchewan-Sud et, en conséquence, du régime du delta, sont le résultat de plusieurs activités, dont la construction de deux barrages hydro-électriques. L'écoulement de la rivière a également été régularisé, dans une certaine mesure, par des installations servant à l'irrigation et à des fins récréatives. Le delta de la rivière Saskatchewan constitue un habitat faunique extrêmement productif et fait partie intégrante du mode de vie de nombreux résidents du delta. Il est clair que les fluctuations de niveau d'eau dans le delta ont nui aux poissons, aux animaux à fourrure et aux oiseaux aquatiques, sur lesquels repose l'économie locale, bien que l'importance de cet impact n'ait pas été définie avec précision (Comité sur les problèmes du delta de la rivière Saskatchewan, 1972). Plus de 1 500 km² de terres humides du delta ont été détruites lorsque le delta inférieur a été inondé; cela est dû à l'expansion du lac Cedar au Manitoba, causée par le barrage de Grand Rapids (G.D. Adams, communication personnelle).

D'autres projets d'aménagement auront probablement de pareilles répercussions pour des grands habitats de terres humides, notamment la baie James (côté québecois), à Churchill Falls au Labrador, à la rivière Nelson au Manitoba, à la rivière Liard en Colombie-Britannique et à la rivière des Esclaves en Alberta. La construction proposée ou projetée de gros barrages hydro-électriques sur les rivières du nord constitue un grave sujet d'inquiétude en raison de l'importance cruciale des deltas fluviaux qui abritent une riche communauté faunique.

La baie de Fundy est visée par les projets de production d'énergie maréemotrice en raison de ses marées qui sont parmi les plus grandes au monde. Il faudrait des barrages pour maintenir une charge hydraulique dans les baies et les vallées plus petites le long du littoral de la baie de Fundy, où le débit des eaux serait contrôlé pour produire de l'électricité. Ces barrages auraient un effet sur l'amplitude des marées et par conséquent sur les terres humides sujettes aux marées, particulièrement les marais salés situés au fond de la baie de Fundy (Pearce et Smith, 1974).

Plusieurs sites ont fait l'objet d'études de faisabilité au cours des trois dernières décennies : les baies Passamoquoddy et Cobscook, situées de chaque côté de la frontière internationale entre le Nouveau-Brunswick et le Maine, la baie de Shepody, le bassin Cumberland et la baie Cobequid, tous situés au fond de la baie de Fundy. Des études ont conclu que, malgré la faisabilité technologique de ces projets, les conditions économiques actuelles les rendent peu pratiques.

Pearce et Smith (1974) ont examiné les effets possibles de régimes modifiés de marées sur les marais salés et leur utilisation par les oiseaux aquatiques. Ils ont conclu que l'utilisation des baies Passamoquoddy et Cobequid par les oiseaux aquatiques ne serait en toute probabilité que légèrement perturbée par les ouvrages de production énergétique malgré une certaine réduction de la superficie des terres humides. Comme la baie Shepody et le bassin Cumberland sont bordés par de vastes vasières et marais salés, la construction de barrages dans ces baies aurait un effet beaucoup plus considérable sur les terres humides et leur utilisation par les oiseaux aquatiques. Les auteurs ont indiqué qu'il faudrait d'autres études pour évaluer correctement ces changements et leurs conséquences pour les oiseaux de mer et de rivage.

On a terminé la construction d'une station pilote de production d'énergie marée-motrice dans la section inférieure du bassin de la rivière Annapolis dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse. Il y a peu à craindre d'un nouvel empiètement des terres humides puisque la région a déjà été modifiée par le barrage. Règle générale, on ne considère pas la vallée fluviale d'Annapolis comme une région importante pour la faune, principalement parce que les habitats y ont déjà été perturbés (Martec Limited, 1980).

Récolte de la tourbe

Quoique l'exploitation commerciale de la tourbe se fait au Canada depuis un demi-siècle, ce n'est que depuis les années 1970 qu'il y a un intérêt marqué pour l'utilisation des abondantes réserves nationales de cette substance organique. Selon les estimations des réserves de tourbe, le Canada se place au deuxième rang après l'Union Soviétique, avec un peu plus de 30 % de la réserve mondiale totale. Au cours des dernières années, la production de tourbe au Canada a totalisé approximativement 500 000 tonnes métriques par an, dont la valeur a été estimée à un peu plus de 47 millions de dollars en 1983, la contribution du Québec et du Nouveau-Brunswick représentant presque la moitié de ce total (tableau 10–6). La demande de tourbe à des fins agricoles et horticoles, ainsi que comme combustible (figure 10–8, a et b), augmente régulièrement chaque année (Bédard, 1982; Levesque, 1982). Cependant, il n'existe pas encore de politique nationale de mise en valeur des tourbières au Canada.

Bien que les tourbières soient généralement moins productives que les autres écosystèmes de terres humides, elles sont, en raison de leur grande super-

Tableau 10–6. Production de tourbe au Canada par province ou territoire (1983)

Province/Territoire	*Tonnes métriques (000)*	*$ (000)*
Terre-Neuve	3	20
Île-du-Prince-Édouard	—	—
Nouvelle-Écosse	10	2 008
Nouveau-Brunswick	151	9 792
Québec	238	18 216
Ontario	4	546
Manitoba	54	7 266
Saskatchewan	8	1 053
Alberta	47	6 585
Colombie-Britannique	14	2 324
Yukon	—	—
Territoires du Nord-Ouest	—	—
Total	529	47 810

Source : Statistique Canada (1983).

ficie, de leur éloignement et de leur juxtaposition à d'autres milieux plus productifs, un habitat pour une vaste gamme d'espèces fauniques qui pourraient être menacées par une utilisation à grande échelle du milieu (Osborne, 1982; Clarke-Whistler et Rowsell, 1982). L'extraction de la tourbe pourrait également entraîner une modification de la qualité des eaux environnants, ce qui aurait un effet sur les poissons et les invertébrés en aval en plus de réduire les possibilités d'utilisation des eaux dans ce secteur. Le drainage d'une tourbière entraîne un abaissement de la nappe phréatique sous le bog, pouvant entraîner une baisse dans la région avoisinante. D'autres effets de l'extraction de la tourbe incluent la destruction directe de l'habitat et des perturbations secondaires associées aux routes et au trafic des véhicules, au bruit et à la présence humaine (Clarke-Whistler et Rowsell, 1982).

Au Canada l'utilisation des tourbières à des fins énergétiques a été minimale jusqu'à présent. Des incertitudes concernant l'étendue et la qualité des ressources en tourbe, la faisabilité économique de la production d'énergie électrique par la combustion de tourbe, ainsi que les conséquences environnementales à long terme de l'extraction de cette substance ont, jusqu'à présent, freiné l'exploitation à grande échelle de la ressource comme combustible. Au cours de la dernière décennie, cependant, la recherche a été orientée en vue de répondre à ces questions (Chornet, 1983). On dresse des inventaires et on évalue les ressources en tourbe afin d'encourager l'exploitation dans le cadre d'une gestion à long terme de la ressource (Keys *et al.*, 1982; Tibbetts, 1983; Monenco Ontario Limited, 1981). Des projets pilotes sur l'utilisation de la tourbe comme combustible, tels ceux de Terre-Neuve et de la Saskatchewan, évaluent la possibilité d'établir une industrie de la tourbe utilisée comme combustible (Winsor, 1983a, 1983b; Rees, 1983; Korpijaakko et Guilor, 1983).

(a)

(b)

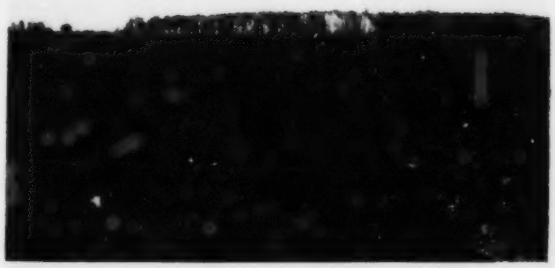


Figure 10–8.
(a) Système de drainage à un site de récolte de tourbe dans l'est du Manitoba. (b) Production commerciale de framboises sur une tourbière drainée et exploitée dans l'est du Manitoba.

D'autres études techniques visent des problèmes liés à la récolte, au traitement, et au transport de la tourbe, ainsi qu'à la mise en valeur des lieux de récolte. En général, la recherche actuelle appuie la mise en oeuvre, sur une échelle limitée, d'une exploitation de la tourbe à des fins énergétiques, bien que l'avenir de la ressource dépende des conclusions d'évaluations économiques et techniques plus poussées (Monenco Ontario Limited, 1981; Wells et Vardy, 1980; Tarnocai, 1984; Manuel, 1984).

Exploitation forestière

Les terres humides forestières ne sont généralement pas considérées dans le débat sur les dommages causés aux terres humides ou sur leur conversion. Cependant, dans de nombreuses régions du Canada, une partie appréciable de la récolte annuelle d'épinettes noires (*Picea mariana*) dépend de ces zones, qui

sont en fait vulnérables, facilement endommagées et difficiles à gérer. Dans la région des terres humides tempérées de l'Est, soit dans le sud de l'Ontario en particulier, la récolte sélective de feuillus dans certains marécages boisés constitue une activité importante. La valeur économique globale de l'exploitation forestière dans les tourbières et les marécages de feuillus pourrait atteindre 2 % de l'industrie forestière nationale. Ceci représente pour le Canada une valeur annuelle nette de plus de 525 millions de dollars.

En Ontario, où plus de 7.9 millions d'hectares de forêt productive sont constitués en majorité de terres humides recouvertes principalement de tourbe, c'est-à-dire des tourbières (Ketcheson et Jeglum, 1972), les dommages physiques causés aux lieux et une régénération insuffisante sont deux des problèmes les plus graves de l'exploitation forestière des tourbières (Jeglum *et al.*, 1982). Dans la plupart des provinces, les tourbières sont d'habitude éloignées des grands centres urbains, donc peu de gens sont conscients des conséquences économiques ou écologiques des dommages subis par ces terres. Quoique le problème soit grave et généralisé dans certaines parties du pays, il existe peu d'études offrant des données quantitatives.

Vulnérabilité

Bien que les tourbières soient en général constituées de sols peu résistants, certaines tourbières sont plus vulnérables aux dommages lors de la récolte que d'autres. Dans l'ensemble, la profondeur de la tourbe, le degré de décomposition et le niveau de la nappe phréatique déterminent la vulnérabilité des sites. Les sites qui possèdent une nappe phréatique élevée et des matériaux organiques profonds, modérément à bien décomposés (mésiques–humiques), sont plus vulnérables que les zones où la nappe phréatique est plus profonde et les matériaux faiblement décomposés (fibriques). En Ontario, où des essais de classification des milieux de tourbe se poursuivent depuis un certain nombre d'années (Jeglum *et al.*, 1974; Gemell, 1979; Scott et Virgo, 1977), les lieux moins vulnérables sont dominés par l'épinette noire et les arbustes de *Ledum*, tandis que les sites plus vulnérables sont dominés par l'épinette noire et les arbustes d'*Alnus*. Dans le type *Ledum*, la tourbe tend à être moins profonde et à posséder des matériaux fibriques à une plus grande profondeur. Quant au type *Alnus*, où la tourbe est plus profonde et beaucoup plus décomposée, il est l'objet d'une division subsidiaire selon que le site subit ou non l'effet des eaux d'infiltration. Le type de tourbière le plus vulnérable aux dommages est celui où l'infiltration est la plus forte.

Effets de la récolte

Il y a plusieurs méthodes d'effectuer la récolte de la tourbe. Avant la mécanisation de la récolte, l'abattage dans les tourbières était réalisé l'hiver, des chevaux tirant les grumes jusqu'à une jetée. Cette méthode causait peu de dommages aux lieux et les arbres restants ou les jeunes pousses constituaient la base du reboisement. La mécanisation a introduit la débusqueuse à roues étroites permettant d'effectuer des récoltes dans les tourbières toute l'année. Comme les tourbières ont une faible capacité de support, le véhicule s'enfonce facilement dans le tapis de racines superficielles et crée de profondes ornières. Les terres à nappe phréatique élevée et à tourbe bien décomposée souffrent particulièrement de cette pratique. Sur les sites où se produit une infiltration importante, la nappe phréatique peut être considérablement modifiée sur toute la superficie du site. En raison des caractéristiques de faible capacité portante de ces terres, les véhicules ne peuvent passer plusieurs fois au même endroit. En conséquence, ils creusent des ornières en tous sens sur le terrain pendant la récolte et causent des dégâts considérables.

Dans la zone argileuse de l'Ontario, une étude récente par McColm (1983) a montré que plus de 40 % d'une zone sillonnée était impropre au traitement et à la régénération en raison de l'importance des dommages qui ont été attribués à l'utilisation d'un équipement d'abattage inadéquat pendant la saison libre de gel. Une meilleure planification, l'aménagement judicieux de chemins et l'établissement d'un calendrier des opérations en vue d'effectuer la récolte dans des zones moins vulnérables pendant la saison libre de gel, sont les méthodes proposées pour réduire les dommages. On a obtenu des résultats semblables (A. Groot, communication personnelle) au cours d'une étude sur les ornières creusées dans les tourbières où l'on avait effectué une récolte peu de temps auparavant. On ignore pendant combien de temps les conditions de ces lieux excluront toute possibilité de traitement et de régénération, mais il est certain que le succès de la régénération est considérablement retardé, ce qui représente un coût économique pour l'avenir.

La récolte hivernale dans les tourbières réduit appréciablement l'étendue et le niveau des dommages causés dans ces zones. Malheureusement, dans certains endroits, comme les terres argileuses, un grand nombre de compagnies effectuent la majeure partie de leur coupe dans les tourbières. Dans ces conditions, la restriction de la récolte à l'hiver seulement est difficile du point de vue opérationnel. Donc de nombreux efforts ont été consentis au cours des dernières années pour mettre au point des techniques qui permettraient à l'industrie forestière d'exploiter ces zones l'année durant. Cette action s'est concrétisée par la mise au point de pneumatiques larges et hauts (pneus ballons), montés sur une débusqueuse à roues classique (Mellgren et Heidersdorf, 1984). Comme les pneus exercent une pression beaucoup moins grande sur le sol, les véhicules qui traversent le terrain causent considérablement moins de dommages qu'une débusqueuse traditionnelle à roues étroites, même s'ils passent plusieurs fois au même endroit.

Drainage

Tandis que l'on tente de réduire les dommages causés dans les tourbières en perfectionnant les techniques de récolte mécanisée, on essaye aussi d'autres approches afin d'améliorer la productivité tout en minimisant les dommages. Une telle technique est le drainage. Bien que son utilisation soit généralisée en Europe, particulièrement dans les pays scandinaves, pour améliorer la productivité des tourbières, l'adoption de cette technique sylvicole a été peu encouragée au Canada jusqu'à tout récemment. Les dernières prévisions d'une réduction des stocks d'essences préférées, particulièrement dans les secteurs proches de scieries ont incité le gouvernement et l'industrie à examiner les possibilités du recours au drainage dans les zones où les tourbières boisées forment une composante importante de la ressource forestière commerciale.

Afin d'évaluer les avantages économiques et les effets environnementaux du drainage des terres forestières, on a entrepris récemment l'un des premiers essais opérationnels de drainage à grande échelle au Canada sur un site de 400 ha près de Cochrane en Ontario. Cet essai, qui est parrainé conjointement par le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et le Service canadien des forêts, a été fondé sur l'expérience acquise en Finlande dans le drainage des terres forestières.

On a mis sur pied des études permanentes en Ontario pour évaluer les effets du drainage sur : (a) la qualité et la quantité de l'eau dans les cours d'eau sur le terrain et en aval; (b) les caractéristiques physiques et chimiques de la tourbe; (c) le degré de tassement de la tourbe; (d) les niveaux d'eau dans les divers types de tourbières; (e) la composition et la croissance de la végétation constituant le sous-étage (mousses, herbes, arbustes); (f) le taux de croissance des principales essences (épinette noire et mélèze laricin (*Larix laricina*)); et (g) la teneur en éléments nutritifs des feuilles des principales essences. On espère que des projets de ce type permettront de démontrer que, non seulement il est possible d'améliorer la productivité forestière, mais que l'on peut assurer l'accessibilité des tourbières boisées et réduire les dommages causés à ces terres.

Utilisations récréatives

L'utilisation récréative au Canada de terres humides et des milieux adjacents justifient la préservation de ces régions, mais contribuent également à leur dégradation. Des activités comme la chasse à la sauvagine, la pêche, l'observation des oiseaux, les excursions à pied et la photographie de la nature, sont considérées comme étant "non destructrices" sauf dans les cas d'utilisation excessive ou d'insouciance face à la fragilité de l'écosystème. Les organisations qui encouragent ces activités récréatives jouent souvent un rôle clé dans la protection des terres humides par les pressions politiques qu'elles exercent, et par l'acquisition ou la gestion de terres humides.

Cependant, il existe des utilisations récréatives "destructrices", qui sont liées en grande partie à l'acquisition de chalets sur le bord des lacs. En plus du fait que de nombreuses économies rurales ont bénéficié des dépenses des touristes pendant les vacances, les terres humides ont généralement été considérées comme un désagrément. Les marais ont été fragmentés et éliminés dans le cadre d'efforts visant à nettoyer le rivage, dragués et creusés pour aménager des zones de baignade et d'accès aux embarcations, remblayés pour étendre les lots de construction des chalets (figure 10–9), et suprimés par l'établissement de quais et de marinas. L'ironie du sort veut que la perte des terres humides, qui est la conséquence de l'aménagement, favorise la dégradation des atouts naturels qui avait d'abord attiré les vacanciers dans ces régions. La destruction des terres humides peut conduire au déclin des populations de poissons et d'autres animaux, à l'altération de la qualité de l'eau et à une perte visible de "l'esthétique naturelle".

Bien que l'on continue partout au Canada d'éliminer les terres humides des rivages récréatifs, les rapports les plus détaillés dont on dispose portent sur l'Ontario. Les réseaux Trent–Severn et de la rivière Rideau ont perdu la majorité de leurs marais littoraux originels au profit de l'aménagement à des fins récréatives (Kawartha Region Conservation Authority, 1981; Lewies et Dyke, 1973; Laidlaw, 1978). Des portions appréciables du rivage du lac Érié ont également été converties en lots pour chalets privés. On prévoit une autre phase de conversion des terres humides du lac Érié à des fins récréatives, accompagnée d'un aménagement industriel en raison du manque de terres bien drainées.

Tendances de conversion de terres humides au Canada

La conversion des terres humides passant d'un état naturel à d'autres utilisations représente dans bien des cas une "perte" des caractéristiques écologiques, de la valeur ou de la fonction des terres humides; c'est devenu une question clé environnementale à travers le Canada. La présente section offre de brefs exposés, avec la description des taux de conversion, tirés en grande partie de données du Programme de surveillance de l'utilisation des terres au Canada d'Environnement Canada (Rubec et Rump, 1984; Rump, 1983; Environnement Canada, 1986b; Lynch-Stewart, 1983) pour divers secteurs géographiques choisis du Canada, soit :

(1) la côte du Pacifique;
(2) les Prairies;
(3) la région tempérée de l'Est;
(4) les régions boréales;
(5) la côte de l'Atlantique et les Maritimes;
(6) le Nord; et
(7) les montagnes.

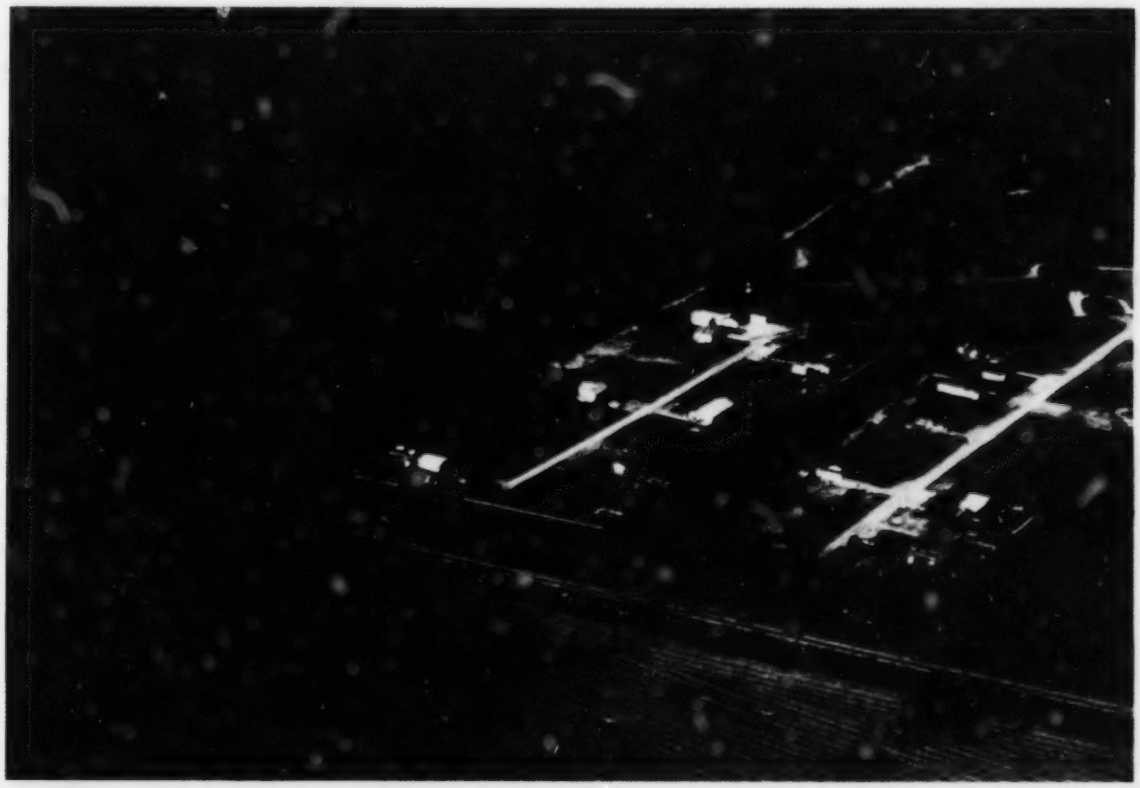


Figure 10–9.
Lotissements de chalets sur d'anciens marais à l'embouchure de la rivière Thames sur le lac St. Clair en Ontario.

Aux fins de cet exposé, ces secteurs ont été choisis arbitrairement dans la liste générale des régions de terres humides du Canada, présentée au tableau 10–7.

Terres humides de la côte du Pacifique

Les régions de terres humides océaniques (OP) et tempérées (TP) du Pacifique couvrent la côte ouest du Canada. Le principal problème lié aux terres humides dans cette partie du pays a été la conversion et la perturbation d'un grand nombre de marais de faible étendue, mais d'une grande importance écologique, à l'embouchure de rivières et d'estuaires, ainsi que dans des vallées fluviales. Cependant, il y a peu de données sur les aspects quantitatif et temporel des tendances du recul des terres humides.

Pilon et Kerr (1984) ont examiné les changements dans l'utilisation des terres humides à l'intérieur d'un secteur de basses terres de la partie sud-ouest du Fraser en Colombie-Britannique. Les terres humides ont été identifiées selon les caractéristiques du sol et de l'habitat. Une carte de ce secteur de terres humides a été superposée aux cartes d'utilisation des terres pour 1967 et 1982 afin d'obtenir les données sur les changements. L'analyse avait pour objectif la dynamique de conversion de l'utilisation des terres humides à des fins agricoles, récréatives, de construc-

Tableau 10–7. Tendances régionales de conversion de l'utilisation des terres humides à travers le Canada : régions et sous-régions de terres humides*

Région géographique	*Régions et sous-régions de terres humides*
1. Côte du Pacifique	OPn, OPs; TP
2. Prairies	PCt, PCh; PI; BMt
3. Tempérée de l'Est	TE; BAg (mineure); BB (mineur)
4. Boréale	BAg (mineur), BAi, BAn; BB; BHc, BHh; BMc; BMh
5. Côte de l'Atlantique et les Maritimes	BAa, BAc, BAe, BAm, BAo; SAc, SAo; OA
6. Nord du Canada	AB; AH; AM; SB; SH; ME
7. Montagnes	MCc, MCn, MCs; MIc, MIn, MIs; MRc, MRn, MRs

**Les régions et sous-régions de terres humides selon la définition du Groupe de travail national sur les terres humides (1986).*

tion et d'extraction, ainsi que les terres humides "naturelles". Les terres humides naturelles ont été définies comme des milieux à sol humide possédant une couverture végétale non modifiée et n'ayant aucune utilisation connue. L'étude montre que 27 % des terres humides naturelles dans le secteur étudié ont été converties entre 1967 et 1982, mais que seulement 11 % ont été "perdues" de façon permanente. Une grande partie des terres qui restaient a été utilisée à des fins récréatives et de conservation, ce qui préserve en fait leur état naturel. L'utilisation des terres humides à des fins de construction a presque doublé au cours de cette période, causant des pertes irréversibles.

Une étude de Kessel-Taylor (1984a) examine les milieux fortement urbanisés (Vancouver et Victoria) sous l'aspect de la conversion à partir de l'établissement jusqu'à l'époque actuelle (tableau 10–8). Les "centres urbains importants" sont des milieux habités bien définis; selon le Programme de surveillance de l'utilisation des terres au Canada ils sont les principales villes canadiennes et leurs environs (Rump, 1983). Selon cette analyse des capacités des terres et des données sur les utilisations des terres de l'Inventaire des terres du Canada, environ 79 % des terres humides initiales de Vancouver et 76 % de celles de Victoria ont été perdues depuis les origines ce ces villes jusqu'en 1981.

Tableau 10–8. Résumé de la conversion des terres humides dans les centres urbains de la côte du Pacifique

Centre urbain (CU)	*Superficie du CU (km²)*	*Superficie estimée des terres humides lors de la colonisation (km²)*	*Superficie des terres humides en 1981 (km²)*	*% de perte, depuis la colonisation à 1981*
Vancouver	1 800.8	462.0	98.4	79
Victoria	742.1	48.4	11.7	76

Source : Kessel-Taylor (1984a).

Tableau 10–9. Études quantitatives choisies sur la conversion de l'utilisation des terres humides dans l'ouest du Canada

Région et auteurs	*Superficie de la région à l'étude*	*Époque*	*Conséquences nettes de la conversion des terres humides*
1. Prairie continentale à tremblaies (Alb.) (Schick, 1972)	699 km²	(a) AC*–1950 (b) AC–1970	Perte de 49 % (superficie) Perte de 61 % (superficie)
2. Rivière Battle, 8 sous-bassins (Alb.) (Ritter, 1979, 1980)	12 950 km²	AC–1978	Perte de 3–13 % (superficie)
3. Bassin de la rivière Saskatchewan-Sud (Alb.) (Schmitt, 1980)	45 km²	AC–1979	Perte de 21 % (superficie)
4. Sud de la Saskatchewan (Millar, 1981)	82 km²	1950–1980	Effets permanents de 27 % (nombre de sites)
5. Zone de sol noir (Alb., Sask., Man.) (Goodman et Pryor, 1972)	130 km²	AC–1970	Perte de 13 % (superficie)
6. Plaine Newdale (Man.) (Adams et Gentle, 1978)	248 km²	1964–1974	Modifications de 17 % Élimination de 7 % (nombre de sites)
7. Bassin versant de la rivière Valley (Man.) (Pokrant et Gaboury, 1983)	1 786 km²	1948–1981	Perte de 68 % (superficie d'eau et de terres humides)
8. Région de cuvettes de Minnedosa (Man.) (Kiel et al., 1972)	131 km²	1928–1964	Perte de 27 % (superficie)
9. Région de cuvettes de Minnedosa (Man.) (Rakowski et al., 1974)	131 km²	(a) 1964–1974 (b) 1928–1974	Perte de 41 % (superficie) Perte de 57 % (superficie)
10. Région de cuvettes de Minnedosa (Man.) (Rakowski et Chabot, 1983)	131 km²	(a) 1974–1982 (b) 1928–1982	Perte de 33 % (superficie) Perte de 71 % (superficie)

Sources : Lynch-Stewart (1983); Rubec et Rump (1984); Millar (1986).
**AC—Avant la colonisation.*

Terres humides des Prairies

Les régions de terres humides de la Prairie continentale (PC) et de la Prairie d'inter-montagnes (PI) couvrent une grande partie des terres du centre-sud de la Colombie-Britannique et du sud de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba. Ces régions de terres humides comprennent les sous-régions de la Prairie continentale à tremblaies (PCt) et de la Prairie continentale herbeuse (PCh) ainsi que certaines parties de la sous-région de terres humides du Boréal moyen de transition (BMt).

L'intense conflit suscité par l'utilisation des terres humides des prairies à des fins agricoles aux dépens des habitats fauniques l'aspect le plus documenté des terres humides du Canada. Dix études choisies dans les trois provinces de l'Ouest fournissent des données sur les tendances générales passées et présentes (tableau 10–9). Millar (1986) a préparé une liste plus détaillée des pertes de terres humides dans l'ouest du Canada. Les pertes, progressives et importantes, se poursuivent encore aujourd'hui.

Les auteurs de plusieurs études se sont intéressés au milieu des kettles (cuvettes) de Minnedosa dans le sud-ouest du Manitoba. Keil *et al.* (1972) ont montré que, pour la période 1928–1964, la conversion des terres humides de ce milieu était due (a) au déboisement et à la culture des terres des bassins avoisinants, (b) au remblayage et à la construction de routes, et (c) au drainage partiel ou complet. Plus de 50 % des kettles observés avaient été perturbés par ces pratiques, mais seulement 27 % ont été considérés comme "perdus" de façon permanente. Rakowski *et al.* (1974) ont relevé une diminution supplémentaire de 40 % de la superficie des terres humides de Minnedosa, de 1964 à 1974. À une date ultérieure, Rakowski et Chabot (1983) ont enregistré encore une autre perte de 33 % des terres humides, de 1974 à 1982. En 1928, les terres humides couvraient 13 % de la plaine de Minnedosa; en 1982, elles ne représentaient plus que 4 %. Adams et Gentle (1978) ont également indiqué que 17 % des terres humides de Minnedosa choisies avaient été perturbées de 1964 à 1974 par le déboisement de sections périphériques ou par le drainage partiel et que 7 % des étangs de ces zones avaient été éliminés de façon permanente. Il semble que la perte de terres humides dans la plaine de Minnedosa se poursuit.

Il y a eu plusieurs études régionales plus globales portant sur les terres humides de l'ouest du Canada. Après examen de terres humides dans 600 quarts de sections choisis dans la zone de sol noir de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba pour la période allant de 1940 à 1970, Goodman et Pryor (1972) ont indiqué une perte totale de 13 % des terres humides et la perturbation d'un autre 6 % des terres. Millar (1981) a cité des relevés détaillés de transects dans le sud de la Saskatchewan pour la période 1950–1980. Plus de 27 % des terres humides des quarts de sections choisis ont montré des changements permanents, tandis que 73 % ont été touchées par des effets temporaires à court terme.

Bien que les effets temporaires d'activités comme le déboisement, le drainage partiel, le pacage, le fauchage et le brûlage de la végétation périphérique varient d'une année à l'autre, ils ont de graves conséquences pour la faune, peut-être plus considérables que ceux du drainage. Il existe peu de données à ce sujet, mais les effets nets sur la végétation, les régimes hydrologiques et la qualité de l'eau des terres humides sont importants (G.D. Adams, communication personnelle).

On a aussi étudié des bassins versants choisis dans l'ouest du Canada. Ritter (1979, 1980) a examiné des sections du bassin de la rivière Bataille en Alberta, qui montrent une perte importante d'habitats de la sauvagine en raison du creusage de fossés et du drainage (9 % des plans d'eau, 18 % des rivages de rivières) depuis la colonisation jusqu'en 1978. Dans ses études de la rivière Saskatchewan-Sud, Schmitt (1980) a remarqué des résultats semblables de conversion des terres humides (21 % des plans d'eau, 15 % des terres humides de rivage ont été perdus) depuis la colonisation jusqu'en 1979.

Il y a eu d'autres études, dont le rapport de Schick (1972) sur l'analyse d'une petite partie de la Prairie à tremblaies d'Alberta, qui révèlent une perte de 61 % des terres humides de 1900 à 1970. Une étude du bassin versant de la rivière Valley au Manitoba, réalisée par Pokrant et Gaboury (1983) et portant sur la période 1948–1981, révèle une perte de 68 % de l'eau et des terres humides dans ce bassin.

En plus, Kessel-Taylor (1984a) cite des études sur les pertes de terres humides près des centres urbains de l'ouest du Canada : Edmonton, Calgary, Saska-

Tableau 10–10. Résumé de la conversion des terres humides dans les centres urbains de l'ouest du Canada

Centre urbain (CU)	*Superficie du CU (km²)*	*Superficie estimée des terres humides lors de la colonisation (km²)*	*Superficie des terres humides en 1981 (km²)*	*% de perte, depuis la colonisation à 1981*
Edmonton	6 250.1	325.2	78.0*	76*
Calgary	2 818.8	41.4	9.2	78
Saskatoon	708.2	9.9	0.6	94
Régina	1 009.0	15.5	0.3	98
Winnipeg	1 819.9	1 340.1	39.6	97

Source : Kessel-Taylor (1984a).
**Données pour 1976.*

toon, Régina et Winnipeg. Le tableau 10–10 en présente le résumé. Dans les centres urbains de l'Ouest, les pertes depuis la colonisation varient de 76 à 98 %, les terres humides qui restent se font extrêmement rares dans plusieurs cas, notamment dans les environs de Régina et de Saskatoon.

À Edmonton, le bog Wagner constitue un exemple remarquable de conservation de terres humides. On en a proposé la désignation comme région naturelle de l'Alberta (Clayton, 1982; Griffin, 1982). On a également recommandé la conservation des terres marécageuses Priddis et Radio Tower à Calgary.

Terres humides de l'Est tempéré

Les terres humides de l'Est tempéré du Canada couvrent le sud de l'Ontario et le Québec et certaines parties du Nouveau-Brunswick. Elles comprennent la région de terres humides tempérée de l'Est (TE) et une petite partie de la région de terres humides du Bas-Boréal (BB) ainsi que la sous-région du golfe du Boréal atlantique (BAg). Dans toutes ces régions, il y a eu des pressions considérables en vue de la conversion qui ont entraîné de graves pertes depuis la colonisation par suite du drainage agricole. Après la Guerre, l'expansion urbaine et industrielle, notamment la construction domiciliaire, l'aménagement de routes et de voies maritimes, le remblayage, la construction de ports et de marinas et le drainage agricole ont entraîné des pertes de terres humides continues dans les régions tempérées de l'Est du Canada.

La conversion des terres humides dans ces régions est bien documentée et il y a bien des programmes d'inventaire des terres humides. Le tableau 10–11 résume quinze études quantitatives concernant la partie tempérée de l'Ontario et du Québec.

Des études réalisées par Le Groupe Dryade (1980) indiquent qu'entre 1945 et 1975, environ 42 % des terres humides le long du fleuve Saint-Laurent ont été perdues, surtout avant 1960 et en grande partie à cause du drainage agricole, du remblayage, de la construction domiciliaire, du dragage pour l'aménagement de la voie maritime, de la construction de routes et du développement industriel (Environnement Canada, 1986a). Reed et Moisan (1971) ont également indiqué des pertes de 32 % des marais de *Spartina* dans l'estuaire du Saint-Laurent depuis la colonisation, surtout à la suite de l'endiguement à des fins agricoles.

Sur les 15 études citées au tableau 10–11, huit ont examiné les tendances historiques de la conversion des terres humides, soit de 1800 à 1950/1978, indiquant des pertes de 42 à 90 % de la superficie initiale. Trois études ont couvert les périodes de 1915/1931 à 1976/1978, citant des pertes de 39 à 56 %. Dans quatre études contemporaines, on a effectué le relevé des terres humides en Ontario de 1960/1966 à 1968/1978; les pertes variaient de 1 à 25 %.

Deux études dressent le bilan des pertes de terres humides le long des rivages du lac Ontario. Whillans (1982) indique une perte moyenne nette de 43 % depuis la colonisation pour 62 marais choisis le long du lac Ontario, et de graves pertes de 75 à 100 % dans les environs très peuplés de Hamilton et de Toronto. En plus, Lemay et Mulamoottil (1984) ont noté des pertes de 56 % des marécages des îles de Toronto, de 1931 à 1976, causées par des programmes de mise en valeur des terres.

Kessel-Taylor (1984a) a étudié les pertes générales de terres humides près de dix centres urbains de l'Ontario et de trois du Québec; le tableau 10–12 en présente le résumé. Les pertes depuis la colonisation varient entre 58 et 97 % dans la plupart des cas, à l'exception de deux villes du nord de l'Ontario (Sudbury et Thunder Bay) où les pertes pour la période de 1800 à 1976/1981 ont été fixées à 51 % et à 30 % par l'analyse des bases de données de l'Inventaire des terres du Canada. La région de Kitchener a aussi connu des pertes relativement faibles, soit 37 % depuis la colonisation. On estimait que dans neuf des 13 centres urbains examinés en Ontario et au Québec, il restait moins de 8 500 ha de terres humides par région, en 1976 ou 1981; Ottawa–Hull, Québec, Montréal et St. Catharines possédaient chacune de 12 000 à 30 000 ha de terres humides dans leurs environs immédiats. Les pertes les plus importantes ont eu lieu dans les environs de Windsor, de Toronto et de Montréal.

En Ontario, les programmes de conservation ont protégé de nombreuses terres humides. À Hamilton, le marais de Red Hill Creek, Cootes Paradise, la plaine d'inondation Woodburn et le marécage Beverly sont des composantes du complexe de 1 800 ha de terres humides qui existe encore dans les environs de ce centre urbain. Le marais Second à Oshawa tient la vedette vu les projets d'expansion des installations portuaires et de centrales nucléaires locales. À Ottawa, le marécage Stoney et le bog Mer Bleue constituent des terres importantes visées par la conservation, comme l'est également le bog Byron près de London. Les terres vulnérables au plan environnemental dans la région de St. Catharines–Niagara comprennent les marais Wainfleet, Humberstone et de la Pointe Albino, le marécage Willoughby, la plage Nickel, ainsi que le boisé de la Pointe Shisler et les taillis Wavercrest, qui sont tous deux des marécages boisés. À Toronto, environ 1 % du centre urbain compte actuellement des terres humides dont le marécage Highland Creek, les marais des îles de Toronto et la vallée inférieure de la rivière Rouge. La Fédération des Naturalistes de l'Ontario (1985) a publié une carte et un rapport sur 53 terres humides prioritaires en Ontario. Ces documents s'appuient sur des relevés extensifs des terres humides d'importance provinciale, effectués par le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et sur des données provenant d'Environnement Canada et de clubs de naturalistes en Ontario.

Au Québec, Kessel-Taylor (1984a) a étudié trois centres urbains. La superficie totale des terres humides qui restaient en 1981 variait de 5 à 17 % de leur étendue totale. L'élimination des terres humides

Tableau 10–11. Études quantitatives choisies sur la conversion de l'utilisation des terres humides en Ontario et au Québec

Région et auteurs	*Superficie de la région à l'étude*	*Époque*	*Conséquences nettes de la conversion des terres humides*
Ontario			
1. *Sud de l'Ontario (Cox, 1972)*	36 comtés	AC*–1950	Perte de 55 % (superficie)
2. *Sud de l'Ontario (Snell 1981, 1987)*	38 comtés (73 800 km²)	AC–1970	Perte de 70 % (superficie)
3. *Sud de l'Ontario (Bardecki, 1981)*	8 cartes choisies du SNRC**	1966–1978	Drainage de 1 % (superficie)
4. *Marais du lac Ontario, de Toronto à Oshawa (Lemay, 1980)*	(a) 3.7 km²	1931–1976	Perte de 44 % (superficie de marais)
	(b) 8 marais choisis	1860–1976	Perte de 56 % (superficie)
5. *Marais des lacs Kawartha (Lewis et Dyke, 1973)*	46 km²	1960–1969	Perte de 20 % (superficie de marais)
6. *Marais de la pointe Pelée (Rutherford, 1979)*	39 km²	1880–1975	Perte de 71 % (superficie de marais)
7. *Terres humides du lac St. Clair (McCullough, 1981)*	35 km²	1965–1978	Perte de 25 % (superficie)
8. *Marais du lac St. Clair (Rutherford, 1979)*	(a) 173 km²	1915–1978	Perte de 39 % (superficie de marais)
	(b) 173 km²	AC–1978	Perte de 90 % (superficie de terres humides)
9. *Rives du lac Ontario : de la rivière Niagara au comté Prince Edward (McCullough, 1981)*	90 km²	AC–1978	Perte de 42 % (superficie)
10. *Marais des rives du lac Ontario (Whillans, 1982)*	62 marais de rivage choisis	1789–1979	Perte moyenne de 43 % (superficie)
11. *Marais de rivage de Toronto (Lemay et Mulamoottil, 1984)*	8 marais choisis	1931–1976	Perte de 56 % (superficie)
12. *Réserve indienne de Walpole Island (Ontario) (McCullough, 1981)*	113.7 km²	1963–1978	Perte de 5 % (superficie) en plus d'un endiguement important
Québec			
13. *Rives du fleuve Saint-Laurent : de Cornwall à Matane (Le Groupe Dryade, 1980; Environnement Canada, 1986a)*	70 km²	1945–1975	Conversion de 42 % (superficie)
14. *Région urbaine de Montréal (Champagne et Melançon, 1986)*	4 023 km²	1966–1981	Perte de 7 % (superficie)
15. *Marais maritimes dans l'estuaire du Saint-Laurent (Reed et Moisan, 1971)*	31.6 km² (marais littoraux)	AC–1970	32 % endiguées (superficie)

Source : D'après Lynch-Stewart (1983).
**AC—Avant la colonisation.*
***SNRC—Système national de référence cartographique.*

se poursuit toujours, Champagne et Melançon (1986) ayant relevé une baisse de 7 % de la superficie totale des terres humides de Montréal pour la période 1966–1981.

Terres humides boréales

Le Canada boréal englobe une grande partie de la région de terres humides du Haut-Boréal (BH), et la presque totalité des régions de terres humides du Boréal moyen (BM) et du Bas-Boréal (BB). Les régions boréals comprennent les sous-régions de terres humides continentales (BHc, BMc) et humides (BMh, BHh). Certaines sous-régions de la région du Boréal atlantique (BA) sont également comprises, mais la sous-région habitée du Boréal atlantique des Maritimes examinée à la section suivante les terres humides de l'Atlantique et des Maritimes, est exclue. Les sous-régions du nord (BAn) et de l'intérieur

Tableau 10–12. Résumé de la conversion des terres humides dans les centres urbains depuis la colonisation à l'époque actuelle, pour la région tempérée de l'Est du Canada

Centre urbain (CU)	*Superficie du CU (km²)*	*Superficie estimée des terres humides lors de la colonisation (km²)*	*Superficie des terres humides en 1981 (km²)*	*% de perte, depuis la colonisation à 1981*
Québec				
Chicoutimi–Jonquière	398.5	114.5	21.7	81
Montréal	3 148.0	1 944.6	228.0	88
Québec	1 000.0	405.3	168.5	58
Ontario				
Hamilton	863.2	101.7	18.5	82
Kitchener	1 481.8	101.3	63.0	37
London	971.8	26.8	7.7	70
Oshawa	191.5	18.0	4.9	73
Ottawa–Hull	2 864.0	868.2	297.3	66
St. Catharines–Niagara	1 282.2	522.5	119.5*	77*
Sudbury	1 173.8	147.6	80.4	45
Thunder Bay	529.5	104.5	73.5	30
Toronto	2 732.1	172.5	22.6	87
Windsor	403.5	421.8	11.4	97

Source : Kessel-Taylor (1984a).
**Données de 1976.*

(BAi), et une certaine partie de la sous-région des terres humides du Boréale atlantique du golfe (BAg) sont considérées dans le présent exposé. Les principales questions de conversion des terres dans ce secteur sont liées à l'aménagement de réservoirs et de corridors hydro-électriques, à l'utilisation de la tourbe à des fins agricoles et énergétiques, et aux pratiques d'exploitation forestière.

Il existe des programmes de surveillance et d'inventaire des terres humides dans certaines régions, notamment le delta Peace–Athabasca, la rivière Nelson, et le secteur d'aménagement hydro-électrique de la baie James. Cependant, il ne semble pas y avoir de données sur les tendances régionales de perte ou de conversion.

Terres humides de l'Atlantique et des Maritimes

Les terres humides canadiennes de l'Atlantique comprennent les régions de terres humides Boréale atlantique (BA), Subarctique atlantique (SA) et Océanique atlantique (OA) et incluent les sous-régions d'Acadie, de la côte, de l'Est, des Maritimes et océanique (BAa, BAc, BAe, BAm et BAo respectivement). Les terres humides de l'Atlantique englobent la sous-région du Bas-Subarctique côtier (SBc) ainsi que les sous-régions du Subarctique atlantique côtier et du Subarctique atlantique océanique (SAc et SAo respectivement). Les principales questions concernant les terres humides dans cette partie du pays sont la conversion à des fins agricoles, l'aménagement urbain des marais salés côtiers et la récolte de la tourbe à des fins horticoles et de production possible d'énergie.

D'importants programmes d'inventaire des terres humides ou des tourbières ont fourni une excellente base de données pour la plus grande partie du Nouveau-Brunswick, l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve. La majeure partie du Labrador n'a pas encore été inventoriée. Certains milieux côtiers vulnérables de Terre-Neuve ont été étudies en fonction des effets de l'exploitation pétrolière possible. Cependant, peu d'études fournissent une évaluation temporelle ou quantitative des tendances régionales de perte ou de conversion des terres humides.

Selon Hirvonen (communication personnelle), il n'existait plus que 11 600 ha de marais salés en 1982 en Nouvelle-Écosse, soit une perte de 65 % de la superficie initiale depuis la colonisation, causée principalement par l'endiguement à des fins agricoles et la mise en valeur ultérieure. Gartley (1982) a indiqué l'existence de 14 000 ha de terres protégées par des digues au Nouveau-Brunswick. Kessel-Taylor (1984b) a utilisé une méthodologie de conversion des terres humides rurales dans deux régions considérées en Nouvelle-Écosse (tableau 10–13) à des fins de comparaison avec des résultats fournis par le programme de cartographie et de protection des terres humides, du Service canadien de la faune. Selon cette étude, les pertes de terres humides depuis la colonisation jusqu'à aujourd'hui ont atteint environ 42 % dans la vallée d'Annapolis et environ 12 % dans le bassin versant de Musquodoboit.

Kessel-Taylor (1984a) a également effectué des analyses des conversions de terres humides depuis la colonisation dans les environs des centres urbains des provinces atlantiques, soit St. John's (Terre-Neuve), Halifax et Saint-Jean (Nouveau-Brunswick), qui sont

Tableau 10–13. Total des conversions de terres humides dans des régions choisies de Nouvelle-Écosse

Région à l'étude	Superficie estimée des terres humides lors de la colonisation (km²)	Superficie des terres humides à l'époque actuelle, 1966*/1978** (km²)	% de perte, de la colonisation à 1966/1978***
Bridgetown (NÉ) (vallée d'Annapolis)	81.7	47.6	41.7
Musquodoboit (NÉ) (bassin versant de la côte est)	67.9	59.7	12.1

Source : Kessel-Taylor (1984b).
**Analyse d'utilisation/capacités des terres de l'ITC.*
***Programme de cartographie et protection des terres humides, Service canadien de la faune.*
****Total pour la région commune à l'étude.*

résumées au tableau 10–14. Les taux de perte de terres humides dans ces trois centres urbains ont été faibles comparativement à d'autres centres urbains du Canada. Dans ces trois centres urbains, les pertes ont varié de 16 à 18 % depuis la colonisation; toutefois, dans la plupart des cas, les terres humides qui restent sont très limitées et présentent une grande valeur. Par exemple, l'anse Chezzetcook, située près d'Halifax, est un secteur de marais salés d'une très grande valeur et continue à faire l'objet d'un débat opposant la conservation aux intérêts liés à l'expansion de la construction routière. La superficie totale des terres humides en 1976 dans les régions d'Halifax, de St. John's (Terre-Neuve) et de Saint-Jean (Nouveau-Brunswick) était respectivement d'environ 38 %, 13 % et 9 %.

Terres humides du Nord

Les terres humides du nord du Canada comprennent les régions de terres humides du Haut-Arctique (AH), de l'Arctique moyen (AM), du Bas-Arctique (AB), du Haut-Subarctique (SH), du Bas-Subarctique (SB) et des Montagnes de l'Est (ME). Les pressions exercées sur ces terres humides, qui constituent souvent des habitats fauniques clés, sont surtout liées à l'exploitation actuelle et éventuelle des hydrocarbures et à l'établissement des installations appropriées. Toutefois, ces pressions ont eu peu d'effets directs jusqu'à présent étant donné que les activités d'exploitation ont été mineures dans la plupart des régions, à l'exception de la mer de Beaufort.

Dans de nombreux secteurs du Nord, la répartition des terres humides est souvent inconnue vu l'absence de bases de données portant sur ces terres vulnérables. Une étude effectuée par Lynch-Stewart *et al.* (1984) présente une carte et une feuille de données pour les terres humides de la mer de Beaufort et des régions du Passage du Nord-Ouest. D'autres études, qui utilisent des données de satellite et de télédétection, fournissent des inventaires de terres humides pour certaines parties du district de Keewatin (Edlund, 1982), de l'île du Roi-Guillaume (Hélie, 1984), du sud-ouest de la Terre de Baffin (Wittmann, 1985), et de l'île Coats aux Territoires du Nord-Ouest (Rubec *et al.*, 1983).

Les terres humides des milieux nordiques sont particulièrement vulnérables. Des projets d'aménagements temporaires et à long terme modifient de façon permanente ces écosystèmes fragiles dominés par des tourbières gelées en permanence dans bien des cas. Selon Rubec et Lynch-Stewart (1986), les terres humides nordiques constituent souvent un territoires vital de production faunique et, par conséquent, forment la base de la majeure partie des industries de récolte faunique et de tourisme du Nord.

Terres humides montagneuses

La majorité des terres humides situées dans les régions montagneuses du Canada se trouvent en Colombie-Britannique, en Alberta et au Yukon et comprennent les régions de terres humides des montagnes côtières (MC), des montagnes intérieures (MI) et des Rocheuses (MR). Ces régions englobent leurs sous-régions nordiques (MCn, MIn, MRn), continentales (MCc, MIc, MRc) et du sud (MCs, MIs et MRs). La région de terres humides des montagnes de l'Est (ME) a été mentionnée dans la section sur les terres humides nordiques. Ces territoires montagneux contiennent de nombreux types de terres

Tableau 10–14. Résumé de la conversion des terres humides dans les centres urbains de l'Atlantique

Centre urbain (CU)	Superficie du CU (km²)	Superficie estimée des terres humides lors de la colonisation (km²)	Superficie des terres humides en 1981 (km²)	% de perte, depuis la colonisation à 1981
Halifax (NÉ)	2 941.5	91.6	75.4	18
St. John's (TN)	1 039.7	153.0	127.3	17
Saint-Jean (NB)	1 811.9	189.5	159.6	16

Source : Kessel-Taylor (1984a).

humides. Certains d'entre eux sont modifiés par des corridors hydro-électriques, des routes, etc., mais seulement une petite partie des terres est vraiement soumise à des pressions. Il n'existe que peu de données même sur leur répartition générale.

Cependant, les terres humides des milieux d' intermontagnes font l'objet de pressions dans de nombreux secteurs, particulièrement le sud de la Colombie-Britannique. La région de Cariboo–Chilcotin, par exemple, est visée par l'expansion agricole. Les bogs, les "prairies" riches en carex et les terres humides bordant les lacs disparaissent progressivement, mais rares sont les données sur le taux de perte ou les tendances dans ce secteur. Une grande partie de la région présente les caractéristiques des terres humides des Prairies d'intermontagnes (PI) (dont on a traité à la section sur les terres humides des Prairies).

B.C. Research à Vancouver a entrepris un projet de recherche, qui évalue la précision des données numériques du satellite de cartographie thématique LANDSAT pour la surveillance des terres humides dans le centre de la Colombie-Britannique et dans le delta du Fraser, pour le compte de deux organismes d'Environnement Canada—le Service canadien de la faune et la Direction générale des terres (Tomlins, 1986).

Aperçu général national

Les terres humides abondaient autrefois dans le sud du Canada mais elles constituent maintenant, dans de nombreuses régions, une ressource terrestre rare. La conversion croissante et continue des terres humides a, au cours des temps, gravement appauvri les régions de terres humides aux dépens des habitats fauniques et des oiseaux aquatiques. Les terres qui reste représentent aussi une grande valeur pour les Canadiens en raison de leur proximité des centres de population ainsi que de leurs valeurs économiques, récréatives et esthétiques.

On a terminé des études de régions spécifiques et elles ont fourni des donnés limitées sur les taux de conversion des terres humides. Il y a notamment le Programme de surveillance de l'utilisation des terres au Canada d'Environnement Canada qui a mis sur pied ou complété des études de cas dans toutes les régions du sud du Canada. On estime que depuis la colonisation environ 65 % des marais salés et des marais influencés par les marées de l'Atlantique, 70 % des marais et marécages littoraux du réseau inférieur des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, jusqu'à 71 % des kettles et des terres marécageuses des Prairies, et 80 % des terres humides des estuaires de la côte du Pacifique, comme le delta du Fraser, ont été transformés. Ces changements sont survenus à la suite du drainage et de l'endiguement à des fins agricoles, de l'expansion urbaine et industrielle, de la construction de routes et d'installations portuaires et hydro-électriques, et de la demande accrue pour des propriétés de loisirs (Environnement Canada, 1986b).

Conclusions

Les terres humides du Canada constituent une ressource naturelle vitale d'une grande importance économique. Comme le montre le présent chapitre, les terres humides fournissent aux Canadiens des avantages économiques dans des secteurs divers, dont :

- la chasse récréative de la sauvagine;
- la pêche et la chasse sportives récréatives;
- la récolte commerciale et autochtone du vison, du rat musqué, du castor et d'autres espèces de gibier dépantants des terres humides;
- les activités récréatives sans prélèvement (photographie, observation des oiseaux et activités éducatives).
- la pêche commerciale d'espèces de poissons et de mollusques dépendants des terres humides et des estuaires;
- la récolte forestière des conifères dans les tourbières et de feuillus dans les terres humides;
- la récolte de riz sauvage et de foin;
- la pisciculture;
- la culture maraîchère sur des tourbières aménagées;
- la récolte de tourbe à des fins horticoles et énergétiques;
- l'assainissement des eaux et la création de bassins pour les polluants;
- la modification des débits de pointe dans les bassins versants; et
- la protection des rivages.

L'ensemble des valeurs économiques nationales des terres humides dans chacun de ces secteurs, qui sont résumées au tableau 10–15, représente un total de 5 à 10 milliards de dollars par an. Il s'agit d'une importante composante dont l'apport à l'ensemble de l'économie nationale n'a pas généralement été appréciée à sa juste valeur.

Il existe encore d'importantes lacunes dans nos connaissances sur les valeurs, les utilisations et les conversions des terres humides. La recherche actuelle n'évalue pas et ne représente pas adéquatement les nombreux types des terres humides et leurs fonctions. Les rapports quantitatifs portent surtout sur des secteurs locaux ou régionaux, et ne donnent pas une vue d'emsemble précise de la situation nationale en raison de lacunes, de recoupements et de contradictions dans les informations. Il faudrait également étudier en profondeur les facteurs sociaux, économiques et légaux liés à la conversion des terres humides.

La conversion à des fins agricoles a été la principale force qui a contribué à la disparition des terres humides dans le sud du Canada. Des activités connexes, particulièrement le drainage, continuent de menacer les terres humides qui restent. Le dragage, le drainage et le remblayage des terres humides à des fins d'aménagement urbain et industriel ont exercé des pressions croissantes sur une ressource terriblement réduite au cours des quelques dernières décennies, particulièrement les terres humides les plus pro-

Tableau 10–15. Valeurs économiques des terres humides pour le Canada

	Secteur et source	*Valeur estimée (000 $)*
1.	Pêche sportive récréative avec prélèvement (Coley, 1985). (Comprend des activités commerciales et privées de 1.12 milliard de dollars × 80%)	1 200 000
2.	Chasse récréative avec prélèvement (Coley, 1985), (comprend la sauvagine, 118 millions de dollars par an — Fogarty *et al.*, 1982).	234 000
3.	Photographie récréative, observation des oiseaux, visites guidées, excursions, éducation (Coley, 1985).	3 000 000
4.	Piégeage commercial avec prélèvement de visons, castors et rats musqués (Statistique Canada, 1985b; Whillans, 1985)	51 300
4a.	Autre piégeage (Coley, 1985)	19 000
5.	Utilisation de tourbe à des fins de production d'énergie et d'horticulture (Tarnocai, 1984; Statistique Canada, 1983)	47 810
6.	Récolte de riz sauvage (Winchell et Dahl, 1984)	7 000
7.	Aquaculture — poissons, etc. (Sask., seulement) (G.D. Adams, communication personnelle)	2 300
8.	Perche, doré, gaspareau, capelan, saumon, huître, plie, palourdes, etc., dans les estuaires, pêche commerciale (non incluse dans le nº 1 ci-dessus) (Pêches et Océans, 1985; Statistique Canada, 1985a)	78 400
9.	Exploitation forestière des tourbières (valeur de l'industrie forestière nationale de 29.3 milliards de dollars × 2%, selon les estimatations). (Comprend l'épinette noire dans les bogs et fens et les feuillus dans les marécages) (Service canadien des forêts, 1985)	525 000
10.	Récolte de foin (estimée)	500
11.	Cultures maraîchères dans des tourbières (estimées)	100 000
12.	Épuration de l'eau, bassin de collecte de polluants (Whillans, 1985) (50 000 $/ha × 540 000 ha dans le sud de l'Ontario × 50%, selon les estimations)	1 350 000*
13.	Modification des crues maximales (Richardson, 1981) (100 000 $/ha × 540 000 ha dans le sud de l'Ontario, selon les estimations)	2 700 000*
14.	Protection du rivage	Aucune donnée**
Total des secteurs 1–14		9.32 milliards de dollars
Total des secteurs 1–8 seulement		4.74 milliards de dollars

**Valeurs fixes, non annuelles.*
***Probablement de l'ordre des centaines de millions de dollars.*

ches des centres urbains. Les ressources en terres humides sont également visées par la demande croissante de production et de transport d'énergie. De plus, les utilisations récréatives des terres représentent une forme subtile, localisée et importante de conversion.

La prise de conscience et l'inquiétude manifestées par un large éventail d'organismes, qui s'occupent de ressources, au sujet de l'utilisation judicieuse et abusive des terres humides ainsi que leurs efforts actuels et proposés dans le secteur de la recherche laissent entrevoir des perspectives d'avenir favorables pour les terres humides qui reste au Canada. La création récente d'une Fondation canadienne pour l'habitat faunique, la signature du Plan nord-américain de gestion de la sauvagine par le Canada et les États-Unis et les nouvelles politiques de conservation des terres humides dans plusieurs provinces, également à l'optimisme. Cependant, la conservation des terres humides ne peut être assurée que par la mise en oeuvre d'une politique et d'une stratégie générale bien appuyées, par la mise en oeuvre d'initiatives de gestion des terres humides avec l'entière participation de tous les paliers de gouvernement et par l'appui du grand public à la préservation de ces terres.

Remerciements

Les auteurs remercient G. Adams, S. Anderson, J. Arbour, J. Beckett, W. Cowan, H. Hirvonen, A. Kerr, D. Keys, M. Melançon, J. Millar, P. Rump, J. Séguin et W. Simpson-Lewis de leurs commentaires et suggestions, qui nous ont aidé à compléter ce texte. Les données sur les tendances de conversion des terres humides sont tirées du Programme de surveillance de l'utilisation des terres du Canada de la Direction générale des terres, d'Environnement Canada. Les figures 10–2, 10–6 et 10–9 proviennent du Service canadien de la faune, et la figure 10–3 a été fournie par E. Manning.

Bibliographie

ADAMS, G.D. (communication personnelle). Novembre 1985. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Saskatoon, Saskatchewan.

ADAMS, G.D., ET G.C. GENTLE. 1978. Spatial changes in waterfowl habitat, 1964–1974, on two land types in the Manitoba Newdale Plain. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Document spécial nº 38. Saskatoon, Saskatchewan. 29 p.

ALLEN, H.H. 1978. Role of wetland plants in erosion control of riparian shorelines. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. Compte rendu, National Symposium on Wetlands. Du 7 au 10 novembre 1978. Lake Buena Vista, Floride.

ANDERSON, J. 1986. Effects of acid precipitation on wetlands. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 50. Ottawa, Ontario. 67 p.

BARDECKI, M.J. 1984. Wetland conservation policies in southern Ontario: a delphi approach. Département de géographie de l'Université York. Monographie de géographie nº 16. Downsview, Ontario. 275 p.

BARDECKI, M.J. 1981. The role of agriculture in declining wetlands. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. Fédération of Ontario Naturalists. Les 18 et 19 septembre 1981. Toronto, Ontario. p. 64–73.

BECKETT, J.S. (communication personnelle). Décembre 1986 et février 1987. Direction de la recherche sur les pêches, Pêches et Océans Canada. Ottawa, Ontario.

BÉDARD, E. 1982. Survey of the horticultural peat industry in Canada. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 26–35.

CANADA. 1985. Currents of change. Enquête sur la politique fédérale des eaux. Rapport final. Ottawa, Ontario. 222 p.

CECILE, C.P., M.J. BARDECKI, ET E.A. SNELL. 1985. L'impact sur les terres du programme de sortie de drainage municipal établi dans le cadre de l'entente auxiliaire Canada–Ontario pour l'est de l'Ontario : une première évaluation. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 40. Ottawa, Ontario. 66 p.

CHAMPAGNE, G., ET M. MELANÇON. 1986. Milieux humides de la région de Montréal, 1966–1981. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 39. Sainte-Foy, Québec. 21 p. et carte.

CHORNET, E. 1983. Peat options for the future. *Dans* Symposium 83, Energy from peat. Du 18 au 22 septembre 1983. St. John's, Terre-Neuve. p. 15–50.

CLARKE, J.E. 1978. Fresh water wetlands: habitats for aquatic invertebrates, amphibians, reptiles and fish. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. Compte rendu, National Symposium on Wetlands. Du 7 au 10 novembre 1978. Lake Buena Vista, Floride. p. 330–343.

CLARKE-WHISTLER, K., ET J.A. ROWSELL. 1982. Peatlands: a fish and wildlife habitat. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeur de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 170–191.

CLAYTON, P. 1982. Update on the Wagner Bog. Edmonton Naturalist 10(2):49–51.

COLEY, R. 1985. Présentation à l'Enquête sur la politique fédérale des eaux. Ottawa, Ontario. Inédite. 12 p.

COMITÉ SUR LES PROBLÈMES DU DELTA DE LA RIVIÈRE SASKATCHEWAN. 1972. Resources development and problem of the Saskatchewan River Delta. Rapport préparé pour la Commission sur les ressources en eaux de Saskatchewan. Regina, Saskatchewan. 181 p.

COWAN, W. 1982. Breeding habitat competition on every hand agriculture. Canards illimités (Canada) ltée. Winnipeg, Manitoba. 18 p.

COX, E.T. 1972. Estimates of cleared wetlands in southern Ontario. Direction de la faune, Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Toronto, Ontario. 3 p.

DAY, J.C., R.F. BRADY, ET M.J. STAITE. 1976. The environmental impacts of land drainage: a case study in the Dundalk Plateau, Ontario. Compte rendu, Conference on Environmental Aspects of Irrigation and Drainage. Waterloo, Ontario. 12 p.

DIEBOLT, P.A. 1981. Environmental impact assessment of outlet drain reconstruction: a case study of the Wood Disse Drain, Ontario. Thèse de maîtrise, Département de géographie, Université de Waterloo, Waterloo, Ontario. 190 p.

EDLUND, S.A. 1982. Plant communities on the surficial materials of north–central district of Keewatin, Northwest Territories. Commission géologique du Canada. Document nº 80-33. Ottawa, Ontario. 20 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1986a. Milieux humides de long du fleuve Saint-Laurent. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 45. Environnement Canada. Ottawa, Ontario. 29 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1986b. Les milieux humides du Canada : une ressource à conserver. Direction générale des terres, Environnement Canada. Fiche nº 86-4. Ottawa, Ontario. 8 p.

ENVIRONNEMENT CANADA, ET UNITED STATES DEPARTMENT OF THE INTERIOR. 1986. Plan nord-américain de gestion de la sauvagine. Service canadien de la faune et United States Fish and Wildlife Service. Ottawa, Ontario et Washington, DC. 19 p.

FÉDÉRATION DES NATURALISTES DE L'ONTARIO. 1985. Priority wetlands of southern Ontario. Carte et texte détaillé. Don Mills, Ontario.

FOGARTY, J.P., J.E. MARSHALL, ET A.J. JACQUEMOT. 1982. *Dans* Economics of Canadian Waterfowl. Direction générale de l'élaboration de la politique et des programmes, Service de conservation de l'environnement, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. 183 p.

FOUND, W.C., A.R. HILL, ET E.S. SPENCE. 1975. Economic and environmental impacts of land drainage in Ontario. Département de géographie, Université York. Monographe de géographie nº 6. Downsview, Ontario. 175 p.

GARTLEY C. 1982. Reclamation of dykeland for agricultural production in New Brunswick. Compte rendu, 7e congrès annuel, Canadian Land Reclamation Association. September 1982. Sydney, Nouvelle-Écosse. 13 p.

GEMELL, J.R. 1979. The identification of forest sites in the Clay Belt. *Dans* Compte rendu, 2e Ontario Conference on Forest Regeneration. Ministère des Richesse naturelles de l'Ontario. Du 6 au 8 mars 1979. Kapuskasing, Ontario. p. 42–54.

GOODMAN, A.S., ET S.P. PRYOR. 1972. A preliminary study of the methods and rates of alteration of waterfowl habitat in the Black soil zone of western Canada. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Edmonton, Alberta. Inédit. 77 p.

GRIFFIN, D.F. 1982. History of the Wagner Bog. Edmonton Naturalist 10(2):3–8.

GROOT, A. (communication personnelle). Avril 1985. Service canadien de la faune. Sault-Sainte-Marie, Ontario.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. Cartes des régions de terres humides du Canada. *Dans* Canada, les terres humides. Folio cartographique. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

HÉLIE, R.G. 1984. Surficial geology of King William Island, NWT. Commission géologique du Canada. Carte nº 1618. Ottawa, Ontario.

HIRVONEN, H.E. (communication personnelle). Environnement Canada. Octobre 1984. Dartmouth, Nouvelle-Écosse.

HORWITZ, E.L. 1978. Our nation's wetlands. Council of Environmental Quality. Report of Interagency Task Force. Washington, DC.

HUGHES, F.M., ET L.D. CORDES. 1981. Peace–Athabasca Delta—wetland in transition. Geography Magazine 53(14):890–896.

JAWORSKI, E. 1981. The economics of wetland protection. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. La Fédération des naturalistes de l'Ontario. Les 18 et 19 septembre 1981. Toronto, Ontario. p. 58–62.

JAWORSKI, E., ET C.N. RAPAEL. 1978. Fish, wildlife and recreational values of Michigan's coastal wetlands. Land Resource Programs Division, Department of Natural Resources. Lansing, Michigan.

JEGLUM, J.K., A.N. BOISSONNEAU, ET V.F. HAAVISTO. 1974. Toward a wetland classification for Ontario. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Rapport O-X-215. Sault-Sainte-Marie, Ontario. 54 p.

JEGLUM, J.K., V.F. HAAVISTO, ET A. GROOT. 1982. Peatland forestry in Ontario: an overview. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippigan, Nouveau-Brunswick. p. 127–167.

KADLEC, R.H. 1978. Wetlands for tertiary treatment. *Dans* Wetland functions and values: the state of our understanding. Compte rendu, National Symposium on Wetlands. Du 7 au 10 novembre 1978. Lake Buena Vista, Floride. p. 490–504.

KAWARTHA REGION CONSERVATION AUTHORITY. 1981. An inventory and analysis of the wetland areas within the Kawartha region. Fenelon Falls, Ontario. 136 p.

KESSEL-TAYLOR, I. 1984a. The application of the Canada Land Data System for quantitative analysis of land use dynamics on wetlands for twenty-three urban centred regions in Canada. Direction générale des terres, Environnement Canada. Rapport du SDTC nº R003200. Ottawa, Ontario. 143 p.

KESSEL-TAYLOR, I. 1984b. An evaluation of a methodology (Snell 1981) for determining presettlement and existing wetlands in Canada. Direction générale des terres, Environnement Canada. Rapport spécial. Ottawa, Ontario, 50 p.

KETCHESON, D.E., ET J.K. JEGLUM. 1972. Estimates of black spruce and peatland areas in Ontario. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Rapport d'information O-X-172. Sault Sainte-Marie, Ontario. 29 p.

KEYS, D., G.E. GEMMELL, ET R.E. HENDERSON. 1982. New Brunswick peat resources, management and development potential. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 222–236.

KIEL, W.H., Jr., A.S. HAWKINS, ET N.G. PERRET. 1972. Waterfowl habitat trends in the aspen park land of Manitoba. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports nº 18. Winnipeg, Manitoba. 61 p.

KORPIJAAKKO, E., ET P. GUILOR. 1983. Fuel peat demonstration project at Buffalo Narrows. *Dans* Symposium 83, Energy from Peat. Du 12 au 18 septembre 1983. St. John's, Terre-Neuve. p. 15–50.

KREUTSWISER, R. 1981. The economic significance of the Long Point Marsh, Lake Erie as

a recreational resource. Journal of Great Lakes Research 7(2):105–110.

LAIDLAW, S.A. 1978. A report concerned with the loss of wetlands on southern Ontario. Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada. Toronto, Ontario. 118 p.

LE GROUPE DRYADE. 1980. Habitats propices aux oiseaux migrateurs le long des rives de la rivière des Outaouais, de la rivière Richelieu, du fleuve Saint-Laurent, de l'estuaire du Saint-Laurent, de la Côte-Nord du golfe du Saint-Laurent, de la péninsule gaspésienne, des Îles-de-la-Madeleine. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Sainte-Foy, Québec. Inédit. 65 p.

LEMAY, M.H. 1980. Assessment of the effects of urbanization as a basis for the management of the waterfowl marshes between Toronto and Oshawa, Ontario. Thèse de maîtrise, Université de Waterloo, Waterloo, Ontario. Inédit. 280 p.

LEMAY, M., ET G. MULAMOOTTIL. 1984. A study of changing land uses in and around Toronto waterfront marshes. Urban Ecology 8:313–328.

LEVESQUE, M. 1982. Overview of the agricultural peatlands in Canada. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 48–77.

LEWIES, R.W., ET R.D. DYKE. 1973. Wetland gains and losses, Lindsay District. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Lindsay, Ontario. Document inédit. 8 p.

LYNCH-STEWART, P. 1983. Changements d'utilisation des terres dans les milieux humides au Sud du Canada: aperçu et bibliographie. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 26. Ottawa, Ontario. 126 p.

LYNCH-STEWART, P., R.G. HÉLIE, ET D. OUIMET. 1984. Northern wetlands research project: procedures, results and guidelines. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. Document inédit. 53 p.

MANUEL, P. 1984. Peat policies and activities in Canada. I: Highlights. II: Details. J. Phillip Nicholson and Management Consultants Ltd. pour le Conseil national de recherches du Canada, programme d'énergie par la tourbe. 2 volumes. Rapport du Conseil national de recherche nº 24353–24354. Ottawa, Ontario.

MARTEC LIMITED. 1980. Annapolis tidal power project—environmental assessment. Rapport pour la Tidal Power Corporation, Kentville, Nouvelle-Écosse. 200 p.

MATTSON, M., G. HOCHBAUM, ET D. SOPROVICH. 1978. The establishment of a waterfowl and habitat monitoring program on selected physiographic regions in southern Manitoba: area selection and evaluation of techniques. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Winnipeg, Manitoba. 80 p.

MCCOLM, R.G. 1983. Post cut classification of recent cutover 1978–82. Abitibi-Price Inc. Smooth Rock Falls Licence. Résumé des résultats. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, district de Cochrane. Cochrane, Ontario. 11 p.

MCCULLOUGH, G.B. 1981. Wetland losses in Lake St. Clair and Lake Ontario. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. La Fédération des naturalistes de l'Ontario. Les 18 et 19 septembre 1981. Toronto, Ontario. p. 81–89 .

MELLGREN, P.G., ET E. HEIDERSDORF. 1984. The use of high flotation tires for skidding in wet and/or steep terrain. Institut canadien de recherches en génie forestier. Rapport technologique nº TR-57. Pointe Claire, Québec. 48 p.

MILLAR, J.B. 1981. Habitat changes in Saskatchewan waterfowl strata 30 to 33 between Fall 1978 and Fall 1980—Prairie Waterfowl Habitat Evaluation Program. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Saskatoon, Saskatchewan. Inédit. 60 p.

MILLAR, J.B. 1986. Observations on the condition of Canadian prairie wetlands. Présenté au Symposium on Freshwater Wetlands and Wildlife. Du 24 au 27 mars 1986. Charleston, Caroline du sud. Inédit.

MONENCO ONTARIO LIMITED. 1981. Evaluation of the potential of peat in Ontario. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario. Publication hors-série nº 7. Toronto, Ontario. 193 p.

OSBORNE, J.M. 1982. Potential environmental impact of peatland development. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 198–220.

PEARCE, P.A., ET A.D. SMITH. 1974. The potential influence on waterfowl of port and tidal power development in the Bay of Fundy. Études de la sauvagine. H. Boyd, directeur de publication. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports nº 29. Ottawa, Ontario. p. 91–100.

PÊCHES ET OCÉANS CANADA. 1985. Canadian Fisheries, annual statistical review, 1983. Volume 16: tables 31 et 39. Direction générale de l'analyse économique et commerciale, Pêches et Océans Canada. Ottawa, Ontario. 183 p.

PILON, P., ET M.A. KERR. 1984. Land use monitoring on wetlands in the southwestern Fraser Lowland, British Columbia. Direction générale des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 34. Vancouver, Colombie-Britannique. 31 p. et carte.

POKRANT, H., ET M. GABOURY. 1983. Remote sensing to assess land use/land cover changes affecting the Dauphin Lake fishery. Direction des relevés et de la cartographie, Centre de télédétection. Winnipeg, Manitoba. 35 p.

PRICE, S. (communication personnelle). Novembre 1985. Fonds mondial pour la nature (Canada). Toronto, Ontario.

RAKOWSKI, P.W. 1980. A habitat priority evaluation of the Minnedosa district of Manitoba. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Winnipeg, Manitoba. 38 p.

RAKOWSKI, P.W., ET B.P. CHABOT. 1983. Changes in land use in the Minnedosa district of southwestern Manitoba: an update on the Kiel–Hawkins transect. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Winnipeg, Manitoba. Inédit. 15 p.

RAKOWSKI, P.W., R.W. NERO, ET R.C. HUTCHISON. 1974. Present status of waterfowl habitat in the prime duck production area of Manitoba. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Winnipeg, Manitoba. Document inédit. 10 p.

REED, A., ET G. MOISAN. 1971. The *Spartina* tidal marshes of the St. Lawrence Estuary and their importance to aquatic birds. Le Naturaliste canadien 98:905–922.

REED, A., ET A.D. SMITH. 1972. Man and waterfowl in tidal shorelines of eastern Canada. *Dans* Compte rendu, Coastal Zone Seminar. Du 21 au 23 mars 1972. Institut de Bedford. Dartmouth, Nouvelle-Écosse.

REES, D. 1983. The Bishop's Falls fuel peat demonstration project. *Dans* Symposium 83, Energy from Peat. Du 18 au 22 septembre 1983. St. John's, Terre-Neuve.

REPPERT, R.T., W. SIGLES, E. STRAKHIV, L. MESSMAN, ET C. MEYERS. 1979. Wetland values: concepts and methods for wetlands evaluation. United States Army Corps of Engineers. Institute for Water Resources. Fort Belvoir, Virginie.

RICHARDSON, B. 1981. Selected Proceedings of the Midwest Conference on Wetland values and Management. St. Paul, Minnesota.

RITTER, A. 1979. Wetland reconnaissance within the Battle River Basin: 1978 summary. Canards illimités (Canada) ltée. Calgary, Alberta. Document inédit. 36 p.

RITTER, A. 1980. Wetland reconnaissance within the Battle River Basin: 1979 summary. Canards illimités (Canada) ltée. Calgary, Alberta. Document inédit. 25 p.

RUBEC, C.D.A. 1980. Terres humides près des centres urbains du Canada. Direction générale des terres, Environnement Canada. Comité Canadien de classification écologique du territoire. Bulletin nº 9. Ottawa, Ontario. p. 2–3.

RUBEC, C.D.A., ET P. LYNCH-STEWART. 1986. Wetland conservation in Canadian arctic and subarctic ecosystems. Présentation au Symposium on Freshwater Wetlands and Wildlife. Du 24 au 27 mars 1986. Charleston, Caroline du sud. Inédit. 12 p.

RUBEC, C.D.A., ET P.C. RUMP. 1984. Prime wetland land use monitoring activities and needs in southern Canada. *Dans* Compte rendu, 3e Annual Western Provincial Conference on Rationalization of Water and Soil Reseach and Management. Du 20 au 22 novembre 1984. Winnipeg, Manitoba. p. 405–429.

RUBEC, C.D.A., R.G. HÉLIE, ET D. OUIMET. 1983. Terrestrial ecosystems of Coats Island, NWT. Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. Inédit. Carte à l'échelle 1:125 000 avec une légende détaillée.

RUBEC, P.J. (communication personnelle). Juin 1986. Pêches et Océans Canada. Moncton, Nouveau-Brunswick.

RUMP, P.C. 1983. Land use monitoring in Canada. *Dans* Compte rendu, International Conference on Renewable Resources Inventories for Monitoring Changes and Trends. Corvallis, Oregon. 4 p.

RUTHERFORD, L.A. 1979. The decline of wetlands in southern Ontario. Thèse de B.E.S., Université de Waterloo, Waterloo, Ontario. Inédite. 68 p.

SCHICK, C.D., 1972. A documentation and analysis of wetland drainage in the Alberta parkland. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Edmonton, Alberta. Document inédit. 15 p.

SCHMITT, K. 1980. Wetland reconnaissance within the South Saskatchewan River Basin. Canards illimités (Canada) ltée. Calgary, Alberta. Document inédit. 29 p.

SCOTT, R.D., ET K.D. VIRGO. 1977. A site classification system for clearcut areas in the Clay Belt. Ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, district de Kapuskasing. Kapuskasing, Ontario. Inédit. 36 p., annexes et figures.

SERVICE CANADIEN DES FORÊTS. 1985. Canada's forests 1985. Brochure d'Agriculture Canada. Ottawa, Ontario. 10 p.

SHAY, J. 1981. Wetland protection in the 80's. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. La Fédération des naturalistes de l'Ontario. Les 18 et 19 septembre 1981. Toronto, Ontario.

SNELL, E.A. 1981. An approach to mapping the wetlands of southern Ontario. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. Session de recherche. La Fédération des naturalistes de l'Ontario. Les 18 et 19 septembre 1981. Toronto, Ontario.

SNELL, E.A. 1987. Répartition et conversion des milieux humides dans le Sud de l'Ontario. Direction générale des eaux intérieures et des terres, Environnement Canada. Document de travail nº 48. Ottawa, Ontario. 58 p.

STATISTIQUE CANADA. 1983. General review of the mineral industries. Catalogue 26-201. Annual. Ottawa, Ontairo. 23 p.

STATISTIQUE CANADA. 1985a. Fisheries statistics of Canada. Canada Summary 1976. Ottawa, Ontario. 28 p.

STATISTIQUE CANADA. 1985b. Fur production, Season 1983–84. Catalogue 23-207. Ottawa, Ontario.

TARNOCAI, C. 1984. Peat resources of Canada. Conseil national de recherches. Publication nº 24140. Ottawa, Ontario. 17 p.

THIBODEAU, F.R., ET B.D. OSTRO. 1981. An economic analysis of wetland protection. Journal of Environmental Management 12:19–30.

TIBBETTS, T.E. 1983. Summary of the National Peat Program activities 1982–83. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 26–35.

TILTON. D.L. 1978. The ecology and values of Michigan's coastal wetlands, phase II. United States Fish and Wildlife Service. St. Paul–Minneapolis, Minnesota.

TOMLINS, G.F. 1986. Assessment of LANDSAT-5 thematic mapper data for mapping and monitoring wetlands and neighbouring land cover/land use. Physical Technology Division, B.C. Research Inc., Vancouver, Colombie-Britannique. Rapport final présenté au Service canadien de la faune, Environnement Canada. 250 p. et annexes.

WELLS, E.D., ET R.B. VARDY. 1980. Peat resources of Newfoundland with emphasis on its use for fuel. *Dans* Compte rendu, Symposium on Peat as an Energy Alternative. Institute of Gasification Technology. Du 1er au 3 décembre. Arlington, Virginie. p. 679–698.

WHILLANS, T.H. 1982. Changes in marsh area along the Canadian shore of Lake Ontario. Journal of Great Lakes Research 8(3):570–577.

WHILLANS, T.H. 1985. Wetland issues in Canada—a discussion paper. Rapport contractuel. Service de conservation de l'environnement, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. Inédit. 70 p.

WILE, J., ET G. MILLER. 1981. The use of wetlands for waste water renovation. *Dans* Compte rendu, Ontario Wetland Conference. A. Champagne, directeur de publication. La Fédération des naturalistes de l'Ontario. Les 18 et 19 septembre 1981. Toronto, Ontario. p. 163–170.

WINCHELL, E.H., ET R.P. DAHL 1984. Wild rice production, prices and marketing. Agricultural Experiment Station, Université du Minnesota.

WINSOR, S. 1983a. Shotts sod peat project. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 203–206.

WINSOR, S. 1983b. The Bishop's Falls peat project. *Dans* Symposium 82, Peat and Peatlands. J.D. Sheppard, J. Musial et T.E. Tibbetts, directeurs de publication. Du 12 au 15 septembre 1982. Shippagan, Nouveau-Brunswick. p. 211–214.

WITTMANN, S. 1985. Vegetation mapping of the Great Plain of the Koukdjuak, Baffin Island using LANDSAT MSS data. Nova Scotia Land Survey Institute, Lawrencetown, Nouvelle-Écosse. Rapport préliminaire à la Direction générale des terres, Environnement Canada. Ottawa, Ontario. Inédit. 17 p.

Annexe I

Le Système de classification des terres humides du Canada

C. Tarnocai (Président)
G.D. Adams
V. Glooschenko
W.A. Glooschenko
P. Grondin
H.E. Hirvonen
P. Lynch-Stewart
G.F. Mills
E.T. Oswald
F.C. Pollett
C.D.A. Rubec
E.D. Wells
S.C. Zoltai

Le Système de classification des terres humides du Canada

La mise au point d'un système de classification des terres humides au Canada, applicable à l'échelle nationale, a été considérée pour la première fois en 1973, avec l'élaboration d'un système de classification organique du territoire par le Comité national des terres forestières. Par la suite, Zoltai et al. *(1975) ont proposé un système de classification des terres humides hiérarchique à quatre niveaux, reposant sur des critères écologiques. Ce système a été approfondi par Tarnocai dans le but de créer un système de classification des terres humides du Canada (1980). Jeglum* et al. *(1974) et Millar (1976) ont amélioré les classifications régionales des terres humides pour l'Ontario et les Prairies. Il existe également d'autres systèmes, notamment ceux mis au point pour le Québec par Couillard et Grondin (1986) et pour la Colombie-Britannique par Runka et Lewis (1981). Le système de classification des terres humides du Canada est une synthèse des divers systèmes existant à l'échelle nationale.*

Dans sa forme actuelle, le système national de classification a été élaboré par le Groupe de travail national sur les terres humides du Comité canadien de la classification écologique du territoire, il est basé sur l'expérience collective et les recherches menées par de nombreux spécialistes sur les terres humides partout au Canada. Le Groupe de travail, créé en 1986, favorise une gestion, une utilisation et la conservation des terres humides au Canada fondées sur une optique holistique et écologique. Il reçoit l'appui officieux et des contributions d'organismes fédéraux, provinciaux, territoriaux et para-gouvernementaux.

Le Système de classification des terres humides du Canada, n'a pas encore été appliqué et testé partout au Canada, aux niveaux local et régional. Par conséquent, il demeure "provisoire" et est sujet à des révisions futures. Plus récemment, il a servi à formuler une politique nationale sur les terres humides du Canada (Groupe de travail national sur les terres humides 1986).

Ce système continue d'évoluer au rythme des nouvelles recherches entreprises. Les clés de la classification des formes de terres humides seront améliorées en fonction de leur application sur le terrain. En outre, le Groupe national de travail sur les terres humides met actuellement au point une clé généralisée pour les classes de terres humides. L'expérience reliée à la formulation des descriptions des formes et classes de terres humides régira aussi les versions futures de cette classification. On pourrait également procéder à une classification par types plus spécifiques pour certaines catégories comme les mousses et les plantes non-ligneuses.

Un formulaire national d'inscription servant à décrire les écosystèmes des terres humides a été mis au point par le Groupe de travail national sur les terres humides (Tarnocai 1980). Par la suite, ce formulaire a été modifié pour informatiser les données. Ce formulaire, intitulé le *Canadian Wetland Registry Input Document for Field Data*, et le document annexe peuvent être obtenus du Centre de recherches sur les terres d'Agriculture Canada, à Ottawa. Ils permettent de recueillir des données normalisées sur le terrain et de traiter les données descriptives sur l'emplacement, les sols, l'hydrologie, la formation de la tourbe, et les propriétés physiques et chimiques du sol et de l'eau dans les terres humides du Canada.

Des marais de chenal et de rivage et des terres humides associées au delta du MacKenzie, Territoires du Nord-Ouest.

Que sont les terres humides?

On définit les *terres humides* comme des terres saturées d'eau assez longtemps pour favoriser les processus de milieux humides ou aquatiques: sols mal drainés, végétation hydrophyte et diverses formes d'activités biologiques adaptées à ce milieu. Les terres humides comprennent les formes suivantes:

Terres humides organiques

- Tourbières caractérisées par une couche de tourbe de plus de 40 cm d'épaisseur sur laquelle se développent des sols organiques (à l'exclusion des folisols).

Terres humides minérales

- Sols minéraux engorgés d'eau mais qui, pour des raisons d'ordre climatique, édaphique (facteurs reliés au sol) ou biotique, produisent peu ou pas de tourbe. Ces terres humides sont associées aux gleysols ou à la phase tourbeuse de ces derniers.
- Plans d'eau libre d'une profondeur généralement inférieure à 2 m. Certains types de terres humides sont dépourvus de végétation et caractérisés par des sols peu développés en raison des variations fréquentes et brutales du niveau de l'eau, de l'action des vagues, du courant, de la turbidité, ou de fortes teneurs en sels ou en d'autres substances toxiques dans l'eau ou le sol même.
- Sols minéraux modifiés par des ouvrages hydrauliques (par ex. les barrages) ou cultivés et plantés, mais qui, s'ils retournaient à leur état primitif, seraient saturés d'eau pendant de longues périodes et associés à des sols humides (gleysols) et une végétation hydrophyte.

Classification des terres humides

Le système de classification des terres humides du Canada comprend trois niveaux hiérarchiques: (1) la classe, (2) la forme, et (3) le type. Les *classes de terres humides* sont au nombre de cinq et sont basées sur la genèse des écosystèmes des terres humides. Il existe soixante-dix *formes de terres humides* déterminées par la morphologie de surface, le modelé, le type d'eau et la morphologie du sol minéral sous-jacent. Les *types de terres humides* sont classés d'après la physionomie du couvert végétal.

Le présent texte est organisé selon les cinq classes de terres humides: bog, fen, marais, marécage, et plan de l'eau peu profonde. Il comprend une definition des classes, ainsi qu'une description des formes spécifiques de terres humides pour chaque classe. Les descriptions des types de terres humides applicables à toutes les classes se trouvent à la fin. Les termes de la classification des sols utilisés dans le texte ont été adoptés par la Commission canadienne de pédologie (1978).

Bog

Un *bog* est une tourbière dont la nappe phréatique se situe généralement au niveau ou près de la surface. La surface du bog, qui peut être surélevée ou au même niveau que les terres adjacentes, ne subit pratiquement aucune influence des eaux souterraines riches en éléments nutritifs provenant des sols minéraux avoisinants et est donc généralement acide et pauvre en éléments nutritifs. Les constituants majeurs de la tourbe sont la sphaigne décomposée faiblement ou modérément et la tourbe forestière qui recouvre parfois de la tourbe de laîche. Les sols sont surtout des fibrisols, des mésisols et des cryosols organiques (sols pergélisolés). Les bogs peuvent être boisés ou non, et ils sont habituellement couverts de *Sphagnum* spp. et d'éricacées arbustifs.

Formes de bogs

Toutes les formes de bogs sont des bogs selon la définition dans les classes de terres humides et diffèrent entre elles par leur morphologie de surface, leur modelé et la proximité des étendues d'eau.

Bog à palse—Un bog composé d'un ou de plusieurs palses soudés dans une tourbière non gelée. Les palses sont des monticules de tourbe et de sol minéral pergélisolés, d'une hauteur allant jusqu'à 5 m et d'un diamètre maximal de 100 m. La surface est très accidentée et comprend souvent des bogs effondrés.

Bog bombé—Un vaste bog (habituellement de plus de 500 m de diamètre) à surface convexe, dominant de plusieurs mètres les terres avoisinantes. D'habitude, il y a écoulement du centre dans toutes les directions. De petites mares en forme de croissant se développent souvent autour du point le plus élevé. Si celui-ci se trouve au centre du bog, les mares forment un réseau concentrique, ou excentrique si le réseau est décalé. La tourbe a habituellement plus de 3 m d'épaisseur.

Bog de bassin—Un bog situé dans un bassin caractérisé par un drainage pratiquement fermé et alimenté par les eaux de précipitation et de ruissellement provenant des terrains avoisinants. La surface du bog est plate, mais la tourbe atteint généralement son épaisseur maximale au centre du bog.

Bog de monceau—Un bog caractérisé par de petits monceaux isolés (jusqu'à 3 m de diamètre et de 0.5 à 1 m de hauteur) dans les fens. Les bogs de monceau sont parfois appelés "bosses de fen". La rhizosphère est sus-jacente à la surface du fen et n'est nullement influencée par les eaux riches en minéraux minérotrophes. Plusieurs monceaux peuvent se fusionner et former de plus grands "îlots" de bog dans les fens.

Bog de monceau tourbeux—Un bog formé de petits monceaux (de moins de 3 m de diamètre) de tourbe gelée, et dominant de moins d'un mètre le fen pergélisolé avoisinant. Ces bogs se rencontrent dans les régions arctiques.

Bog de plateau de l'Atlantique—Un bog à surface plane ou ondulée, surélevée par rapport aux terres avoisinantes et dont les bords s'inclinent souvent brusque-

Un bog de bassin, dénudé d'arbres et marqué par le feu, près de Lac La Biche, Alberta.

ment jusqu'au sol minéral. Le bog est parsemé d'étangs qui couvrent souvent de grandes superficies et qui atteignent une profondeur de 2 à 4 m.

Bog de plateau du Nord—Un bog soulevé dominant de 0.5 à 1 m le fen avoisinant. La surface, généralement plane, n'est caractérisée que par des petites dépressions mouillées. Le bog de plateau, d'habitude en forme de larme, a son extrémité orientée vers le bas de la pente.

Bog de plateau polygonal tourbeux—Un bog pergélisolé dominant d'environ 1 m le fen avoisinant. La surface, assez plane, est caractérisée par une configuration polygonale de sillons formés sur des fentes de gel. Le pergélisol et les fentes de gel se sont développés dans la tourbe accumulée, à l'origine, dans un milieu non pergélisolé.

Bog de plateau tourbeux—Un bog composé de tourbe pergélisolée s'élevant brusquement d'environ 1 m au-dessus du fen avoisinant non gelé. La surface, assez plane et régulière, couvre souvent de très vastes étendues. À l'origine, la tourbe fut déposée dans un milieu non pergélisolé et elle est souvent associée à des bogs ou des fens effondrés.

Bog de rivage—Un bog non flottant formé sur la berge d'un étang ou d'un lac. Sa surface domine le lac d'au moins 0.5 m et sa rhizosphère n'est pas touchée par l'eau lacustre. Souvent, le bog s'avance dans le lac, comme l'indiquent les sédiments tourbeux lacustres sous-jacents.

Bog effondré—Une dépression mouillée de forme ovale ou circulaire située dans une tourbière pergélisolée. Le bog effondré a déjà fait partie de la tourbière pergélisolée mais, par suite du dégel du pergélisol, la surface s'est affaissée. La dépression, pauvre en éléments nutritifs, n'est pas reliée aux fens dans lesquels se trouvent le palse ou le plateau tourbeux.

Bog en couverture—Un bog formé de dépôts tourbeux étendus plus ou moins uniformément sur des collines à pente douce et dans des vallées. L'épaisseur de la tourbe dépasse rarement 2 m.

Bog en plaqué—Un bog qui se rencontre sur des surfaces faiblement inclinées, reposant sur du pergélisol généralement discontinu. Quoique l'écoulement des eaux se fait surtout sous la surface, il y a un écoulement superficiel dans des couloirs de drainage mal définis pendant la période de ruissellement de pointe. La tourbe a habituellement une épaisseur de moins de 1.5 m.

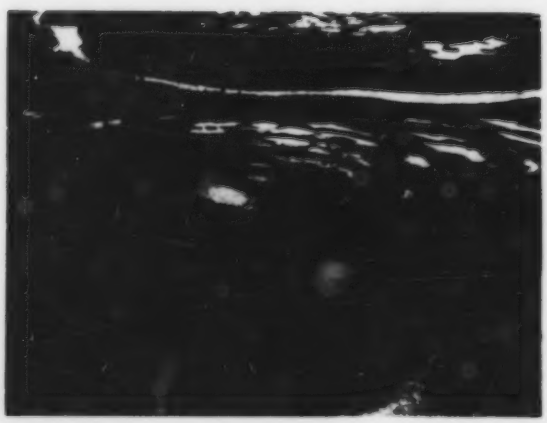
Bog flottant—Un bog qui forme un tapis flottant à la surface ou en bordure des étangs et qui recouvre de l'eau ou de la tourbe lâche fluide. La surface du bog flottant est suffisamment élevée pour que la rhizosphère n'entre jamais en contact avec l'eau lacustre minérotrophe.

Bog incliné—Un bog qui se rencontre dans les zones très pluvieuses, sur des surfaces très inclinées, alimentées par l'eau de pluie et l'eau provenant d'autres tourbières pauvres en éléments nutritifs. L'épaisseur de la tourbe peut dépasser 1 m.

Bog plat—Un bog à surface plane et effacée occupant de vastes dépressions mal définies. L'épaisseur de la tourbe est habituellement uniforme.

Bog polygonal des basses terres—Un bog à surfaces tourbeuses convexes ou planes (souvent appelées polygones à centre convexe) séparées par des sillons sur des fentes de glace qui, vus du dessus, forment un polygone. La tourbe s'est accumulée dans un milieu pergélisolé, comme l'indiquent les structures internes.

Bog structuré—Un ensemble de crêtes étroites (de 2 à 3 m de largeur) et basses (de moins de 1 m de profondeur) perpendiculaires à l'écoulement de l'eau. Des dépressions mouillées ou des mares sont intercalées entre les crêtes. L'eau et la tourbe ont une très faible teneur en éléments nutritifs, car l'eau provient d'autres terres humides ombrotrophes. La tourbe a une épaisseur supérieur à 1 m.



Un bog bombé avec des flarks et des crêtes concentriques près de Cartwright, Labrador.

Un bog plat dans la Région des lacs expérimentaux, près de Kenora, Ontario.

Fen

Un *fen* est une tourbière dont la nappe phréatique se situe habituellement au niveau ou juste au-dessus de la surface. Règle générale, les eaux sont minérotrophes et enrichies d'éléments nutritifs provenant de sols minéraux. Les constituants majeurs sont des laîches modérément décomposées ou bien décomposées ou de la tourbe de mousse brune d'épaisseur variable. Les sols sont généralement des mésisols, des humisols et des cryosols organiques. La végétation comprend surtout des laîches, des herbacées, des roseaux et des mousses brunes, ainsi que quelques arbustes et, parfois, quelques arbres épars.

Formes de fens

Toutes les formes de fens sont des fens selon la définition dans les classes des terres humides et diffèrent entre elles par leur morphologie de surface, leur modelé, leur proximité des étendues d'eau, ou la topographie du bassin.

Fen à palse—Un fen qui comprend des monticules de tourbe pergélisolée (tourbe de mousse brune et de laîches) et de sol minéral, pouvant atteindre 5 m de hauteur et 100 m de diamètre, mais pouvant être beaucoup plus petits aussi. Les fens de palse se rencontrent généralement dans les tourbières non gelées et sont fréquemment associés aux fens effondrés.

Fen côtelé de l'Atlantique—Un fen à mares et à crêtes tourbeuses parallèles, perpendiculaires à la pente et à l'écoulement de l'eau. Ces bandes tourbeuses sont souvent étroites (moins de 1 m de largeur) et généralement basses (moins de 1 m de hauteur). Des mares peuvent parfois occuper près de 75% de la superficie. L'épaisseur de la tourbe varie entre 0.5 et 1.5 m.

Fen côtelé du Nord—Un fen à crêtes tourbeuses basses et parallèles (lanières) qui alternent avec des creux mouillés ou des mares peu profondes, en travers de la principale pente et perpendiculaire à l'écoulement de l'eau. L'épaisseur de la tourbe dépasse 1 m.

Fen de bassin—Un fen qui occupe un bassin topographique. Toutefois, les bassins ne reçoivent pas les eaux de drainage d'amont et donc les fens subissent surtout l'influence des conditions hydrologiques locales. L'épaisseur de la tourbe augmente vers le centre du fen.

Fen de chenal—Un fen qui se trouve dans un chenal bien défini, dans lequel l'eau ne s'écoule pas actuellement de façon continue. L'épaisseur de la tourbe est d'habitude uniforme.

Fen de neige tardive—Un fen qui se trouve sur des pentes uniformes sus-jacentes au pergélisol. Ces fens sont alimentés par l'eau de fonte des neiges tardives sur les pentes au-dessus des fens. L'épaisseur de la tourbe est habituellement inférieure à 0.5 m.

Fen de rivage—Un fen qui comprend un tapis superficiel ancré qui forme la berge d'un étang ou d'un lac. La rhizosphère est touchée par l'eau lacustre en période de crue et en période normale.

Les fens polygonaux des basses terres à pointe Shingle sur la plaine côtière du Yukon.

Fen de ruisseau—Un fen situe dans le chenal principal ou le long des rives de cours d'eau permanents ou semi-permanents. Il subit l'influence de l'eau du cours d'eau en période de crue et en période normale.

Fen effondré—Un fen qui comprend des dépressions ovales ou circulaires, jusqu'à 100 m de diamètre, et qui se trouve dans des fens plus grands, témoignant de l'affaissement de tourbières à pergélisol dégelé. Des arbres morts, vestiges de la végétation des tourbières pergélisolées, sont souvent visibles.

Fen en échelle—Un fen composé de crêtes tourbeuses basses et parallèles et de mares peu profondes perpendiculaires à l'écoulement. Il forme une lisière étroite de fen le long des bogs bombés. La tourbe a d'habitude une épaisseur de 1 à 2 m.

Fen en réseau—Un fen à vaste réseau de crêtes tourbeuses basses et interreliées (lanières) qui encerclent des dépressions mouillées ou des mares peu profondes. La surface est presque entièrement plane; des pentes plus prononcées entraînent la formation de fens côtelés du Nord.

Fen flottant—Un fen adjacent aux étangs et aux lacs, qui forme un tapis flottant sur l'eau ou sur de la tourbe lâche fluide. La surface du fen s'élève à moins de 0.5 m au-dessus du niveau du lac et la rhizosphère est touchée par l'eau du lac.

Fen horizontal—Un fen à surface plane et à très faible inclinaison. Le fen occupe de vastes dépressions souvent mal définies et peut être relié à d'autres fens. L'accumulation de tourbe est généralement uniforme.

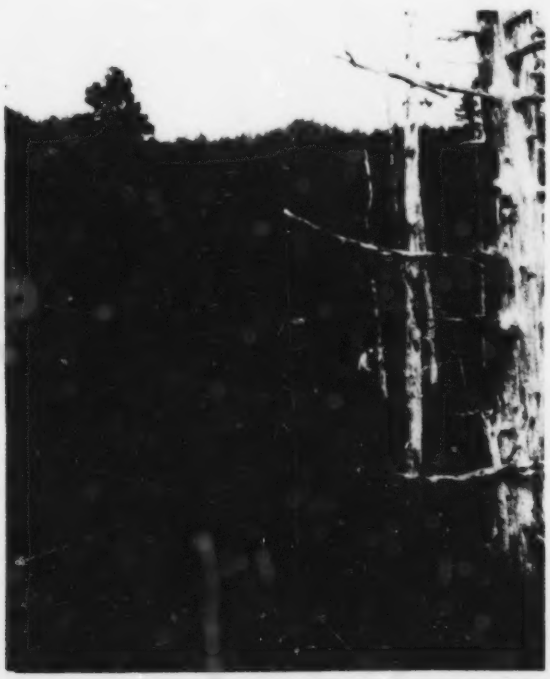
Fen incliné—Un fen qui se trouve surtout sur des pentes d'infiltration à écoulement lent et riches en éléments nutritifs. Les mares sont habituellement absentes, mais des traces de suintement peuvent être visibles. L'épaisseur de la tourbe dépasse rarement 2 m.

Fen penné—Un fen situé sur une crête étroite et allongée de sol minéral. Le centre de la crête est occupé par un bog, mais de nombreux couloirs de drainage étroits et quasi parallèles rayonnent de la crête et sont occupés par un fen penné. L'eau provenant des couloirs de drainage est généralement captée par un cours d'eau qui coule parallèlement à la crête. L'épaisseur moyenne de la tourbe est de 1.5 m.

Fen polygonal des basses terres—Un fen formé sur des basses terres pergélisolées où le froid intense en hiver entraîne la formation de fissures polygonales et de fentes de gel. Les polygones comptent des crêtes légèrement mieux drainées à centre concave très mouillé et sont donc souvent appelés "polygones à centre concave". L'accumulation de tourbe est généralement inférieure à 1 m.

Fen sourceux—Un fen alimenté par l'écoulement continu des eaux souterraines. La surface est caractérisée par des mares, des sillons d'écoulement et parfois par des "îles" un peu plus élevées. La teneur de l'eau en éléments nutritifs varie beaucoup selon les endroits.

Un fen côtelé de l'Atlantique au lac Joseph à l'est de Québec.



Un fen horizontal, près de Prince-Rupert, Colombie-Britannique.

Marais

Un *marais* est une terre humide ou une tourbière minérale périodiquement inondée par des eaux stagnantes ou quasi stagnantes. Le niveau de l'eau de surface, variable selon les saisons, expose, aux périodes d'étiage, des plages de végétation dense. Les eaux sont riches en éléments nutritifs et varient de douces à très salées. Le substrat se compose habituellement de matériaux minéraux et parfois de tourbe bien décomposée. Les sols sont principalement des gleysols et moins fréquemment des humisols et des mésisols. La répartition de la végétation se fait selon une zonation ou une mosaïque où herbes, laîches, roseaux et joncs sont entrecoupés de chenaux ou de mares d'eau. À la périphérie, le marais peut être bordé de prairies herbeuses et de bandes d'arbres ou d'arbustes. Diverses plantes aquatiques flottantes et submergées prolifèrent également dans les plans d'eau.

Formes de marais

Toutes les formes de marais sont des marais selon la définition dans les classes des terres humides et diffèrent entre elles par la source des eaux ou la topographie du bassin.

Bas marais côtier—Un marais soumis à l'influence d'eaux saumâtres ou salées d'origine maréale. Le marais, situé sous le niveau moyen de pleine mer est inondé tous les jours. Il se rencontre sur les terrasses marines et les estrans, ainsi que dans les baies ou les lagunes.

Bas marais estuarien—Un marais soumis à l'influence d'eaux d'origine maréale à salinité variable. Le marais, situé sous le niveau moyen de pleine mer est inondé fréquemment. On le rencontre dans les estuaires des cours d'eau ou dans les baies qui y sont reliées.

Haut marais côtier—Un marais soumis à l'influence d'eaux saumâtres ou salées d'origine maréale. Le marais, situé au-dessus du niveau moyen de pleine mer, n'est inondé que lors de grandes marées. Il se rencontre sur les terrasses marines et les estrans, ainsi que dans les baies ou les lagunes.

Haut marais estuarien—Un marais soumis à l'influence d'eaux d'origine maréale à salinité variable. Le marais situé au-dessus du niveau moyen de pleine mer, n'est inondé que lors de grandes marées ou d'orages. On le rencontre dans les estuaires des cours d'eau ou dans les baies qui y sont reliées.

Marais d'eau douce à marée—Un marais situé en amont des marais estuariens et côtiers. Il est caractérisé par des conditions presque d'eau douce, des communautés animales et végétales dominées par des espèces d'eau douce et les fluctuations quotidiennes des marées.

Marais d'infiltration—Un marais occupant des sites de sources ou de dégorgeoirs d'eau sur les pentes ou à la base de celles-ci. Ce type de marais est caractérisé par un sol mouvant saturé d'eau, des coulées ou des couloirs de drainage, et parfois des mares ouvertes où sont retenues les eaux d'écoulement.

Un bas marais estuarien dans l'anse Chezzetcook, Nouvelle-Écosse.

Marais de bassin peu profond—Un marais qui se trouve dans une dépression mouillée ou marécageuse uniformément peu profonde, à pente graduelle entre le bord de la dépression et sa partie la plus profonde. La lisière du marais peut être mal délimitée en raison du retrait rapide de l'eau.

Marais de bassin terminal—Un marais situé dans un bassin versant à relief peu accidenté, à l'extrémité du réseau hydrographique interne, variablement alimenté par le ruissellement superficiel, les terres humides de chenal, les cours d'eau, ou les eaux souterraines. Le marais ne compte aucun dégorgeoir ou issue d'écoulement et les pertes en eau sont causées principalement par l'évaporation.

Marais de chenal—Un marais situé dans des chenaux abandonnés biens définis où l'écoulement de l'eau est discontinu ou bloqué. Par suite des crues printanières ou des remontées d'eau souterraines, de grandes portions du chenal peuvent être inondées favorisant la formation d'un marais.

Marais de delta actif—Un marais occupant les basses terres des deltas et dont les couloirs de drainage sont habituellement reliés aux chenaux fluviaux actifs. Le marais est sujet aux inondations au moins une fois pendant la saison, puis à une lente baisse du niveau de l'eau. Le taux de sédimentation peut être élevé dans de nombreuses parties du marais.

Marais de delta inactif—Un marais occupant les parties les plus élevées d'un delta, d'habitude à une certaine distance des chenaux fluviaux actifs. Le marais est inondé uniquement en période de crue maximale ou lorsque les vagues sont poussées par le vent. Les eaux peu profondes peuvent être retenues pendant de longues périodes.

Marais de kettle—Un marais occupant d'habitude des bassins versants elliptiques bien délimités, situés dans des régions morainiques, ou à modelé fluvio-glaciaire ou glacio lacustre. Les kettles ou marmites sont des dépressions modérément profondes à pentes abruptes ou modérément abruptes. Le marais est alimenté principalement par les eaux de ruissellement superficiel d'un bassin versant local, les eaux d'écoulement entre les bassins et les eaux souterraines.

Marais de plaine d'inondation—Un marais qui se trouve dans les plaines d'inondation adjacentes aux chenaux fluviaux. Le marais est sujet aux crues annuelles et au processus de sédimentation pendant diverses périodes, et de l'eau peut rester dans le marais après une inondation.

Marais de rivage—Un marais occupant la zone de contact entre les laisses de haute mer et de basse mer en bordure de lacs permanents ou semi-permanents. On retrouve habituellement ce type de marais le long des rives abritées, dans des lagunes derrière les cordons littoraux, sur les îles, ou dans les baies. Le marais est sujet aux inondations causées par la hausse du niveau de l'eau des lacs, par des vagues poussées par le vent, ou par le ruissellement superficiel.

Marais de ruisseau—Un marais occupant les rivages, les cordons littoraux, le lit des cours d'eau, ou des îles situées dans des cours d'eau à écoulement continu. Le marais est sujet à des inondations annuelles prolongées, il est souvent couvert d'épaisses couches de sédiments.

Un marais de ruisseau près de McConnell, Manitoba avec des étendues d'eau libre et de végétation émergente.

Marécage

Un *marécage* est une tourbière ou une terre humide minérale où l'eau est stagnante ou s'écoule très lentement dans les étangs et les canaux. La nappe phréatique se situe généralement au niveau ou près de la surface. Comme il se produit un important écoulement en provenance de la bordure du marécage ou d'autres zones riches en minéraux, ses eaux contiennent beaucoup d'élements nutritifs. Si l'on y trouve de la tourbe, il s'agit principalement de tourbe forestière bien décomposée reposant parfois sur de la tourbe de laîches. Les sols associés sont des mesisols, des humisols et des gleysols. La végétation est caractérisée par un dense couvert de conifères ou de feuillus ou d'arbustes, d'herbes et de quelques mousses.

Un marécage de bassin à Backus Woods, près de Tillsonburg, Ontario.

Formes de marécages

Toutes les formes de marécages sont des marécages selon la définition dans les classes des terres humides et diffèrent entre elles par le modelé de surface, la topographie du bassin, ou la proximité des étendues d'eau.

Marécage à bordure tourbeuse—Un marécage situé dans une zone assez étroite (jusqu'à 25 m de largeur) entre les bas-plateaux minérotrophes et la tourbière. La nappe phréatique élevée est maintenue par la tourbière, mais les eaux d'écoulement des bas-plateaux riches en éléments nutritifs se déversent dans le marécage. L'accumulation de tourbe (moins de 1 m) est commune.

Marécage de bassin—Un marécage formé dans un bassin bien défini où l'eau est dérivée localement mais dont le niveau peut être accru par drainage d'autres parties du bassin versant. La couche de tourbe bien décomposée est mince (moins de 0.5 m) à la lisière, et peut atteindre 2 m au centre.

Marécage de plaine d'inondation—Un marécage situé dans une vallée qui peut être inondée par les eaux de crue saisonnière d'un cours d'eau. Le lent retrait des eaux après la crue assure une nappe phréatique élevée pendant presque toute la période de croissance. Il peut y avoir une mince couche de tourbe.

Marécage de rivage—Un marécage qui longe les rives d'étangs ou de lacs permanents. La nappe phréatique élevée est maintenue par le niveau de l'eau des lacs, mais des crues saisonnières peuvent se produire. Il peut y avoir accumulation de tourbe.

Marécage de ruisseau—Un marécage qui longe les berges de cours d'eau permanents ou semi-permanents. La nappe phréatique élevée est maintenue par le niveau de l'eau du cours d'eau. Le marécage est inondé à certaines saisons, ce qui entraîne de la sédimentation.

Marécage plat—Un marécage situé sur de vastes étendues de basses terres mal drainées. D'habitude, les lisières périphériques du marécage se fusionnent graduellement aux bas-plateaux, sans démarcations brusques. La couche de tourbe accumulée est généralement mince (de moins de 0.5 m), mais peut dépasser 2 m.

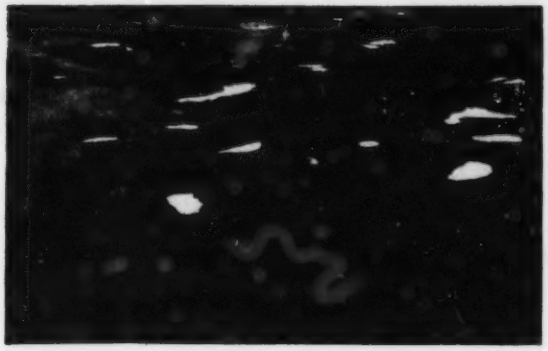
Marécage sourceux—Un marécage alimenté par les eaux souterraines. La surface est caractérisée par des bosses de faible hauteur, des petites mares et des couloirs de drainage. La quantité de matières solides dissoutes dans l'eau de source varie selon les régions.

Plans d'eau peu profonde

Les *plans d'eau peu profonde* sont des plans d'eau inondés en permanence ou par intermittence ou stables selon les saisons, couvrant de larges étendues d'eau stagnante ou courante et désignés par divers termes: étangs, mares, lacs peu profonds, bras morts, biefs, chenaux, ou eaux de retenue. Ces eaux sont dites peu profondes, parce que leur profondeur ne dépasse pas 2 m au milieu de l'été. Elles diffèrent également des autres terres humides par la présence, en été, de zones d'eau libre qui occupent plus de 75% de la superficie des terres.

Les vastes zones d'eau libre (plus de 8 ha), situées à l'intérieur des terres humides, devraient être classées séparément parmi les eaux peu profondes, indépendamment de la superficie des zones de végétation adjacentes. Une crue périodique peut accroître le niveau de l'eau, mais en période de sécheresse, d'étiage ou de marée basse, certaines parties peuvent être exondées.

Les eaux peu profondes se distinguent des bas-plateaux et des terres humides avoisinantes par la présence de berges érodées par l'eau, d'espaces vaseux, de tapis flottants de végétation, de plantes émergentes, ou d'arbustes. Dans la zone d'eau libre, le couvert végétal vivant, s'il existe, ne se compose que de plantes aquatiques submergées et flottantes.



Quelques terres humides de bassin à l'eau peu profonde à Minnedosa, Manitoba.

Formes des plans d'eau peu profonde

Toutes les formes des plans d'eau peu profonde sont des plans d'eau peu profonde selon la définition dans les classes des terres humides et diffèrent entre elles par la topographie du bassin ou la proximité des divers types d'eau ouverte.

Eau d'estuaire—Baies ou chenaux estuariens périodiquement inondés par des eaux de salinité variable. La profondeur de l'eau est inférieure à 2 m.

Eau de bassin peu profond—Étangs peu profonds situés dans des dépressions à faible pente recevant l'eau du bassin versant. Les bordures du bassin sont d'habitude mal définies. L'excès d'eau est drainé par des dégorgeoirs ouverts ou par infiltration.

Eau de bassin terminal—Étangs peu profonds situés dans des bassins à contours nets et alimentés par les eaux d'écoulement du bassin versant supérieur ainsi que des environs immédiats. On note l'absence de dégorgeoirs.

Eau de chenal—Eau peu profonde à écoulement intermittent dans des dégorgeoirs fluvio-glaciaires érodés et abandonnés. Les périodes d'écoulement se produisent surtout au printemps, après la fonte des neiges, et après des précipitations particulièrement abondantes.

Eau de délaissé—Étangs ou lacs peu profonds situés dans des chenaux abandonnés, formés derrière des levées, dans des plaines d'inondation. Les crues périodiques inondent d'habitude la zone d'eau de délaissé.

Eau de delta—Étangs peu profonds dans des deltas qui ont été formés à la suite de la déviation des chenaux fluviaux et de processus de sédimentation. Les crues périodiques qui se produisent dans le delta entraînent d'habitude des inondations.

Eau de kettle—Étangs généralement peu profonds à centre profond occupant des bassins à pente modérée. Ils sont alimentés par l'eau de ruissellement provenant du bassin versant local et par des eaux d'infiltration. L'écoulement se limite à l'infiltration souterraine et au trop-plein en période de crue.

Eau de mare de toundra—Étendue d'eau uniformément peu profonde formée dans les basses terres couvertes d'une mince couche de tourbe. Les rives sont abruptes mais basses (de moins de 0.3 m) et recouvertes de tourbe pergélisolée. Le pergélisol est d'habitude présent sous les étendues d'eau.

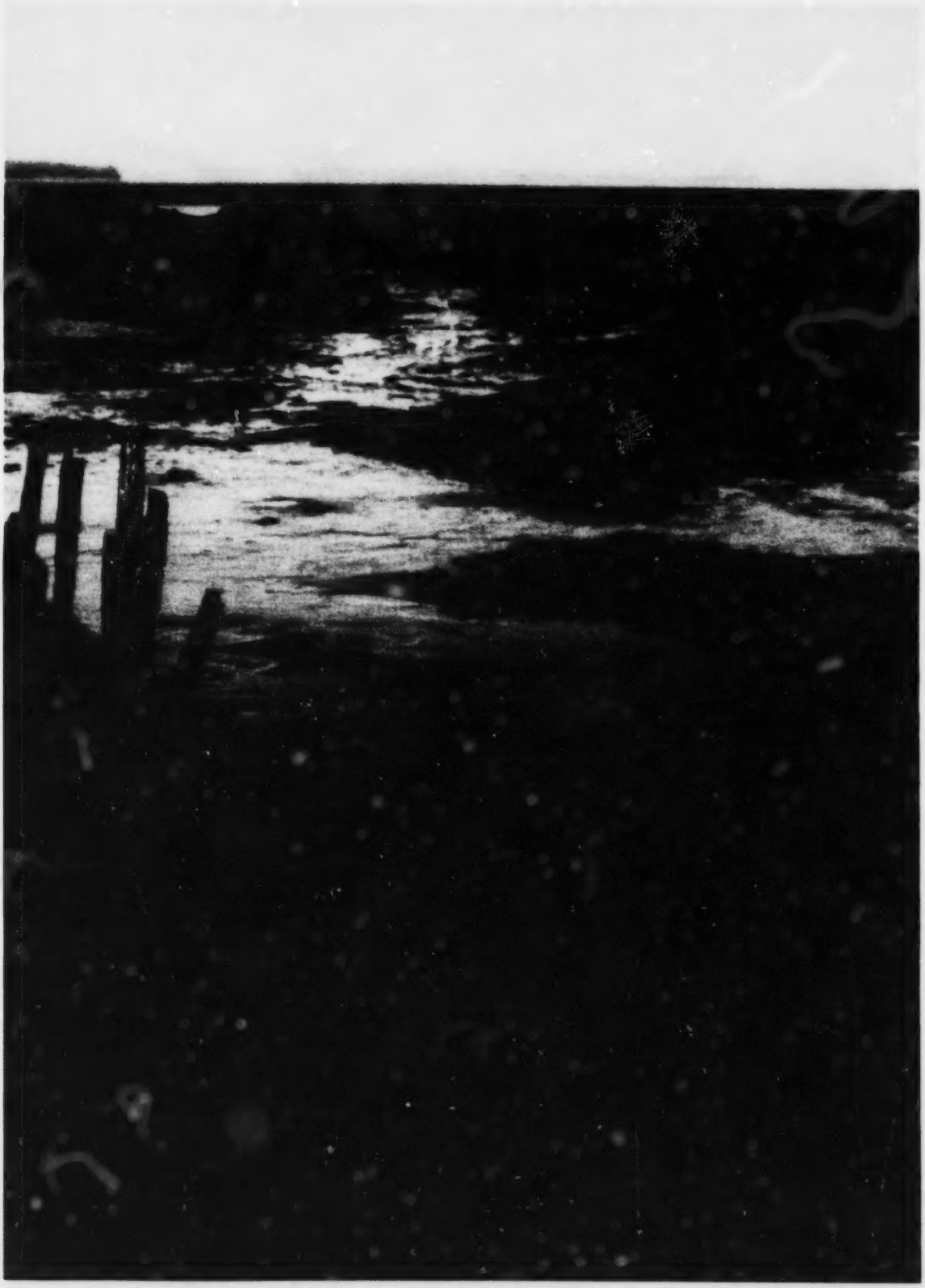
Eau de marée—Lagunes côtières ou baies soumises à l'action des marées et de l'eau salée. Le niveau moyen normal de la marée est inférieur à 2 m.

Eau de rivage—Eau peu profonde limitée à la zone littorale supérieure ou à la zone près des rives d'étendues d'eau ouvertes permanentes. L'eau pré-littorale peut occuper de vastes portions de baies peu profondes ou de hauts-fonds, se fusionnant aux zones d'eau profonde.

Eau de ruisseau—Eau intérieure peu profonde, variant de douce à salée, à écoulement continu et se limitant au cours d'eau principal. Il peut y avoir des crues saisonnières.

Eau sans marée—Étendues d'eau saumâtre surtout dans les mares et les étangs situés au-dessus du niveau moyen de pleine mer. La profondeur de l'eau est inférieure à 2 m.

Eau thermokarstique—Étendue d'eau peu profonde située dans un bassin formé par la fonte et l'affaissement du pergélisol riche en glace. Les berges peuvent être instables en raison de l'érosion thermique constante.



Eau de marée et terres limoneuses au bord du bassin Minas à Wolfville, Nouvelle-Écosse.

Types de terres humides

Les termes utilisés pour décrire les types de terres humides sont basés sur la physionomie générale du couvert végétal, plutôt que sur la description des espèces. Les termes physionomiques, lorsqu'ils sont utilisés de concert avec les formes de terres humides, constituent les types de terres humides.

Boisé

Ce type de terres humides est dominé par des espèces forestières. Les types spécifiques sont les suivants:

Boisé de conifères

Ce type de terres humides est dominé par les résineux dans les strates arborescentes (de plus de 5 m de hauteur). Les essences les plus communes sont *Picea mariana* et *Larix laricina* qui croissent sur des sols organiques et sont typiques de la forêt boréale. *Thuja occidentalis* est l'essence la plus répandue dans les terres humides minérotrophes méridionales de l'est du Canada, tandis que *Pinus contorta*, *Thuja plicata* et *Chamaecyparis nootkatensis* croissent sur les terres humides de la côte du Pacifique.

Boisé de feuillus

Ce type de terres humides est dominé par les espèces feuillues dans les strates arborescentes (de plus de 5 m de hauteur). Les essences les plus communes sont *Acer* spp., *Fraxinus nigra*, *Ulmus americana*, *Betula* spp. et *Populus balsamifera*. Ces terres humides se trouvent d'habitude sur des sols minéraux ou des sols organiques très décomposés.

Arbustif

Ce type de terres humides est dominé par des espèces arbustives. Les types spécifiques sont les suivants:

Arbustif supérieur

Ce type de terres humides comprend des arbustes supérieurs (de plus de 1.5 m) et des arbustes moyens (de 0.5 à 1.5 m). Les essences comprennent des arbustes véritables et des arbres rabougris.

Arbustif inférieur

Ce type de terres humides comprend des arbustes inférieurs (de 0.1 à 0.5 m) et des sous-arbrisseaux (de moins de 1 m de hauteur).

Arbustif mixte

Ce type de terres humides comprend des arbustes supérieurs (de plus de 1.5 m), moyens (de 0.5 à 1.5 m) et inférieurs (de 0.1 à 0.5 m).

À plantes non-ligneuses

Ce type de terres humides est dominé par des espèces de plantes non-ligneuses (plantes non graminées).

Graminé

Ce type de terres humides est dominé par des graminées de toutes sortes. Les types spécifiques sont les suivants:

Herbacé

Ce type de terres humides est dominé par des herbes basses, hautes ou mixtes.

À roseaux

Ce type de terres humides est dominé par des espèces de roseaux (*Phragmites*).

À grands joncs

Ce type de terres humides est dominé par *Scirpus* spp. et *Typha* spp.

À petits joncs

Ce type de terres humides est dominé par *Juncus* spp. et *Triglochin* spp.

À laîche

Ce type de terres humides est dominé par des laîches (*Carex* spp. et *Eriophorum* spp.).

À mousse

Ce type de terres humides est dominé par les mousses dont les plus communes sont *Sphagnum* spp., les hypnes (*Pleurozium* spp., *Hylocomium* spp., et *Ptilium* spp.) et les mousses brunes (*Drepanocladus* spp., *Scorpidium* spp. et *Tomenthypnum* spp.).

À lichen

Ce type de terres humides est dominé par les lichens (notamment *Cladina* spp.).

Aquatique

Ce type de terres humides est dominé par les plantes aquatiques. Les types spécifiques sont les suivants:

Aquatique flottant

Ce type de terres humides est dominé par des plantes aquatiques dont les feuilles flottent à la surface de l'eau.

Aquatique submergé

Ce type de terres humides est dominé par des plantes dont les feuilles se trouvent surtout sous l'eau.

Dénudé

Le couvert végétal de ce type de terres humides occupe moins de 5% de la superficie.

Bibliographie

COMMISSION CANADIENNE DE PÉDOLOGIE. 1978. Le système canadien de classification des sols. Direction de la recherche, Agriculture Canada. Publication nº 1646. Ottawa, Ontario. 164 p.

COUILLARD, L., ET P. GRONDIN. 1986. La végétation des milieux humides du Québec. Les publications du Québec. Ministère de l'Environnement du Québec. Québec, Québec. 376 p.

GROUPE DE TRAVAIL NATIONAL SUR LES TERRES HUMIDES. 1986. Canada—Les terres humides. Cartes des régions de terres humides et de leur distribution au Canada. Énergie, Mines et Ressources Canada et Environnement Canada. Ottawa, Ontario.

JEGLUM, J.K., A.N. BOISSONNEAU, ET V.F. HAAVISTO. 1974. Toward a wetland classification for Ontario. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Rapport d'information nº 0-X-215. Sault-Ste-Marie, Ontario. 54 p.

MILLAR, J.B. 1976. Wetland classification in western Canada: a guide to marshes and shallow open water wetlands in the grasslands and parklands of the prairie provinces. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports nº 37. Ottawa, Ontario. 38 p.

RUNKA, G.G., ET T. LEWIS. 1981. Preliminary wetlands managers manual, Cariboo Resources Management Region. Assessment and Planning Division, British Columbia Ministry of Environment. Technical Paper nº 5. Édition 1ère. Victoria, Colombie-Britannique. 113 p.

TARNOCAI, C. 1980. Canadian wetland registry. *Dans* Compte rendu, Atelier sur les terres humides du Canada. C.D.A. Rubec et F.C. Pollett, directeurs de publication. Direction générale des terres, Environnement Canada. Série de la classification écologique du territoire nº 12. Ottawa, Ontario. pp. 9–39.

ZOLTAI, S.C., F.C. POLLETT, J.K. JEGLUM, ET G.D. ADAMS. 1975. Developing a wetland classification for Canada. *Dans* Compte rendu, 4e Conférence nord-américaine sur les sols forestiers. B. Bernier et C.H. Winget, directeurs de publication. Presses de l'Université Laval, Québec, Québec. pp. 497–511.

Annexe II

Affiliations des auteurs

Affiliations des auteurs

Avant-propos : *F.C. Pollett*, Centre de foresterie national de Petawawa, Service canadien des forêts, Chalk River, Ontario
C. Tarnocai, Centre de recherche sur les terres, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario

Chapitre 1 : *S.C. Zoltai*, Centre de foresterie du Nord, Service canadien des forêts, Edmonton, Alberta

Chapitre 2 : *C. Tarnocai*, Centre de recherche sur les terres, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario
S.C. Zoltai, Centre de foresterie du Nord, Service canadien des forêts, Edmonton, Alberta

Chapitre 3 : *S.C. Zoltai*, Centre de foresterie du Nord, Service canadien des forêts, Edmonton, Alberta
C. Tarnocai, Centre de recherche sur les terres, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario
G.F. Mills, Relevé de pédologie du Manitoba, Winnipeg, Manitoba
H. Veldhuis, Relevé canadien de pédologie, Winnipeg, Manitoba

Chapitre 4 : *S.C. Zoltai*, Centre de foresterie du Nord, Service canadien des forêts, Edmonton, Alberta
S. Taylor, Centre de foresterie des Grands Lacs, Service canadien des forêts, Sault-Sainte-Marie, Ontario
J.K. Jeglum, Centre de foresterie des Grands Lacs, Service canadien des forêts, Sault-Sainte-Marie, Ontario
G.F. Mills, Relevé de pédologie du Manitoba, Winnipeg, Manitoba
J.D. Johnson, Centre de foresterie du Nord, Service canadien des forêts, Edmonton, Alberta

Chapitre 5 : *G.D. Adams*, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Saskatoon, Saskatchewan

Chapitre 6 : *V. Glooschenko*, Direction de la faune, ministère des Richesses naturelles de l'Ontario, Toronto, Ontario
P. Grondin, Service de la recherche appliquée, Ministère de l'Énergie et des ressources, Sainte-Foy, Québec

Chapitre 7 : *E.D. Wells*, Centre de foresterie de Terre-Neuve, Service canadien des forêts, St. John's, Terre-Neuve
H.E. Hirvonen, Direction du Développement durable, Environnement Canada, Hull, Québec
D.B. Scott, Centre de géologie marine, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse
K.D. MacKinnon, Centre de géologie marine, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse
F.S. Medioli, Centre de géologie marine, Université Dalhousie, Halifax, Nouvelle-Écosse
R.I. Goudie, Service canadien de la faune, Environnement Canada, St. John's, Terre-Neuve
E. Hudgins, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Sackville, Nouveau-Brunswick

A.D. Smith, Service canadien de la faune, Environnement Canada, Sackville, Nouveau-Brunswick
D.G. Keys, Three-D Geoconsultants Ltd., Frédéricton, Nouveau-Brunswick
A.R. Anderson, Ministère des Mines et de l'Énergie de la Nouvelle-Écosse, Halifax, Nouvelle-Écosse

Chapitre 8 : *A. Banner*, Section de la recherche, Service de la foresterie de la Colombie-Britannique, Smithers, Colombie-Britannique
R.J. Hebda, Division de l'archéologie, Musée de la Colombie-Britannique, Victoria, Colombie-Britannique
E.T. Oswald, Centre de foresterie du Pacifique, Service canadien de la foresterie, Victoria, Colombie-Britannique
J. Pojar, Section de la recherche, Service de la foresterie de la Colombie-Britannique, Smithers, Colombie-Britannique
R. Trowbridge, Section de la recherche, Service de la foresterie de la Colombie-Britannique, Smithers, Colombie-Britannique

Chapitre 9 : *W.A. Glooschenko*, Institut national de recherche sur les eaux, Environnement Canada, Burlington, Ontario
I.P. Martini, Department of Land Resource Science, Université de Guelph, Guelph, Ontario
K. Clarke-Whistler, Beak Associates Consulting Ltd., Mississauga, Ontario

Chapitre 10 : *C.D.A. Rubec*, Direction du Développement durable, Environnement Canada, Hull, Québec
P. Lynch-Stewart, Direction du Développement durable, Environnement Canada, Hull, Québec
G.M. Wickware, Wickware and Associates Inc., Burlington, Ontario
I. Kessel-Taylor, Direction du Développement durable, Environnement Canada, Hull, Québec

Glossaire

Quoique ce document est parsemé de définitions terminologiques, elles sont souvent difficiles à repérer. Ce glossaire donne les définitions des mots et des expressions utilisés dans le texte et, dans la plupart des cas, mentionne l'ouvrage publié d'où la définition est tirée. La terminologie du Système de classification des terres humides du Canada est présentée à l'annexe I. On a aussi utilisé divers ouvrages de référence nationaux ainsi que des rapports et des documents régionaux pour normaliser la terminologie et l'orthographe le plus possible. Ces documents sont les suivants :

Sols : Clayton *et al.* (1977); Comité canadien de pédologie (1978)
Mousses : Ireland (1982)
Arbres : Hosie (1980)
Flore : Scoggan (1978)
Oiseaux : Godfrey (1986)
Mammifères : Banfield (1974)
Poissons : Scott et Crossman (1973)
Toponymes : Énergie, Mines et Ressources Canada (1980)

Accroissement du pergélisol : Voir pergélisol en expansion.

Aggradation du pergélisol : Voir pergélisol en expansion.

Alimentation : Processus de réapprovisionnement en eau de la zone de saturation comme dans un aquifère (Soil Conservation Society of America, 1982). Dans le cas d'étangs, l'alimentation indique que l'eau de surface des bassins de sortie s'écoule en direction ou à l'extérieur d'une nappe phréatique (Sloan, 1970).

Anaérobie : Dont le milieu ne contient pas d'oxygène (Agriculture Canada, 1976).

Arctique : Région du Canada s'étendant au nord à partir de la limite la plus septentrionale des arbres; c'est le royaume des lichens, des mousses et des éricacées, des terres dénudées et du pergélisol.

Atlantique : Région du Canada comprenant les provinces suivantes : Nouvelle-Écosse, Nouveau-Brunswick, Île-du-Prince-Édouard et Terre-Neuve-Labrador, ainsi que des parties du golfe du Saint-Laurent au Québec.

Autotrophe : Qui peut tirer de l'énergie pour l'entretien de la vie à partir de l'oxydation de matières inorganiques (Agriculture Canada, 1976).

Bassin : Dépression physique totale susceptible de recueillir et de retenir les eaux de surface ou la plus grande profondeur potentielle qu'une terre humide peut atteindre à supposer une réserve illimitée d'eau (Millar, 1976).

Bassin d'arrivée : Dépression recevant des eaux de surface ou souterraines. La dépression a habituellement une position topographique intermédiaire ou basse et ses niveaux d'eau sont situés sous les niveaux phréatiques avoisinants (Sloan, 1970).

Bassin de sortie : Dépression qui reçoit normalement de l'eau des précipitations directes ou du ruissellement local, mais perd son eau par débordement ou par le biais de chenaux de surface (Millar, 1976) ou par infiltration jusqu'à une nappe phréatique qui descend en pente à partir du bassin (Sloan, 1970).

Boréale : Région où la végétation dominante est composée d'une forêt de conifères à couvert fermé ou bien de forêts à proportions variables de conifères et de feuillus (La Roi *et al.*, 1967).

Butte : Voir monticule.

Capacité d'échange de cations : Quantité totale de cations échangeables (le degré d'occupation d'un sol par un cation particulier) qu'un sol peut absorber, exprimée en milliéquivalents par 100 grammes de sol (mé/100 g).

Cicatrice d'affaissement : Patron de végétation produit par le dégel et l'affaissement du pergélisol dans un plateau de tourbe ou une palse. Cette dépression est habituellement gorgée d'eau, dépourvue d'arbres et peut contenir des arbres morts, partiellement submergés. C'est une caractéristique habituelle des zones où le pergélisol est discontinu (Zoltai, 1971). Produit un fen ou un bog.

Coin de glace : Veine verticale de glace en forme de pointe s'enfonçant dans le sol. Synonyme : fente de glace.

Conductivité spécifique : Mesure du taux d'écoulement des ions dans une solution ou des matières dissoutes (American Geological Institute, 1976), exprimée en millisiemens ou microsiemens par centimètre (mS/cm ou µS/cm).

Conservation : Aspect de la gestion des ressources renouvelables qui assure une utilisation interrompue de ces richesses et la sauvegarde des processus écologiques et de la diversité génétique pour la préservation des ressources visées. La conservation permet de tirer le meilleur parti possible des ressources vivantes et de s'assurer que les installations sont implantées et exploitées de manière à préserver la base des ressources (Environnement Canada, 1986).

Conversion de terre humide : Transformation complète d'une terre humide naturelle et non perturbée sous l'influence de l'homme.

Couche active : Couche supérieure du sol dans les régions reposant sur du pergélisol et soumise au gel et au dégel annuels (Brown et Kupsch, 1974).

Coussinet de Sphagnum : Touffes de matières vivantes et mortes de *Sphagnum* (spécialement *Sphagnum fuscum*) qui s'accumulent au-dessus de la nappe phréatique dans des dépressions avoisinantes (Moore et Bellamy, 1974). Les coussinets peuvent être maintenus dans des conditions ombrotrophes même dans un milieu minérotrophe.

Crête de tourbe : Dans les terres humides structurées, la partie élevée, la mieux drainée et composée de mousses, de laîches, d'arbustes ou d'arbres. Elle est étroite, ayant son axe long au travers de la pente. Les crêtes de tourbe peuvent former un réseau (Drury, 1956; Hamelin, 1957; Stanek, 1977). Synonymes : structure, côte.

Cryoturbation : Mouvement ou déplacement d'un sol ou de matières non consolidées d'un sol dû à l'action du gel (Brown et Kupsch, 1974). Synonyme : géliturbation.

Datation au radiocarbone : Détermination de l'âge d'une matière par la mesure de la proportion de l'isotope C^{14} dans le carbone qu'elle contient.

Décomposition : Séparation de matières organiques en éléments plus simples (Gilpin, 1976).

Décroissement du pergélisol : Voir dégradation du pergélisol.

Dégradation du pergélisol : Dégel d'une masse de pergélisol, entraînant une perte nette de gélisol pérenne.

Degré-jour : Mesure de la valeur de base de la température pour un jour quelconque par rapport à une température de référence, exprimée en degrés de temperature. Ces valeurs de base sont calculées pour la journée et totalisées pour les semaines, les mois, les saisons ou les années à partir desquels des moyennes sont établies (Service de l'environnement atmosphérique, 1982).

Degré-jour de croissance : Mesure de la valeur de base de la température pour un jour quelconque par rapport à une température de base de 5°C, que l'on croit importante pour la croissance des plantes. On peut accumuler les degrés-jours de croissance pour toute période, comme les saisons, ou établir une moyenne pour un certain nombre d'années (Service de l'environnement atmosphérique, 1982).

Densité de terres humides : Mesure de la répartition des terres humides dans une région donnée, exprimée généralement en nombre de sites ou d'hectares par kilomètre carré.

Dépression humide : Voir dépression marécageuse.

Dépression marécageuse : Étendue de terre plus basse que les terrains environnants, souvent plus basse que la nappe phréatique, retenant l'eau par le fait même (United States Army Corps of Engineers, 1986). Synonyme : swale.

Eau souterraine : Eau qui s'infiltre ou se maintient dans le sol et les strates sous-jacentes. Cette eau libre peut s'écouler par gravité (Agriculture Canada, 1976).

Écoulement : Émergence d'eau dans un bassin ou une source par infiltration d'une nappe phréatique haute ou d'une zone de saturation. Les étangs d'émergence sont alimentés par l'arrivée d'eau souterraine (Sloan, 1970).

Épaulement de polygone : Crête basse située d'un côté ou l'autre d'une fosse de polygone, composée, pense-t-on, de matériaux déplacés par une coin de glace en expansion (Zoltai et Tarnocai, 1975).

Estuaire : Anse de mer atteignant une vallée fluviale jusqu'à la limite supérieure du flux de la marée (Fairbridge, 1980).

Étang : Terme général désignant une nappe d'eau libre de nature saisonnière ou permanente, retenue dans un bassin artificiel ou naturel. Un étang est un stade de transition entre un lac et une terre humide (Veatch et Humphrys, 1966).

Eutrophe : Mot s'appliquant aux terres humides où les plantes poussent dans des eaux dures riches en éléments nutritifs (Barry, 1954; Stanek, 1977).

Évapotranspiration : Quantité d'eau totale perdue en un temps donné par évaporation d'une surface de sol (ou d'eau) bien déterminée et par transpiration des plantes (Soil Conservation Society of America, 1982).

Extension du pergélisol : Voir pergélisol en expansion.

Fente de glace : Voir coin de glace.

Fibrique : Couche la moins décomposée de toutes les matières organiques. Elle contient une grande quantité de fibres bien préservées dont l'origine botanique est facilement reconnaissable. Les fibres gardent leurs caractéristiques après frottage (Comité canadien de pédologie, 1978).

Flark : Mot suédois désignant habituellement une dépression allongée, humide et boueuse dans des tourbières structurées. Ces dépressions peuvent avoir une longueur de plusieurs centaines de mètres. Sur les pentes, elles ont une largeur d'à peine quelques mètres, mais dans les tourbières presque plates, elles peuvent avoir une largeur d'une centaine de mètres ou plus. L'axe de ces dépressions dans leur longueur est toujours perpendiculaire à la direction des contours (Sjörs, 1961a; Pollett, 1968; Stanek, 1977).

Folisol : Voir matière folique.

Fondrière de mousse : Voir muskeg.

Fosse de polygone : Dépression étroite et linéaire d'une profondeur de 20 à 100 cm, eposant sur des coins de glace. Vues à vol d'oiseau, les fosses forment un réseau polygonal (Zoltai et Tarnocai, 1975).

Gel saisonnier : Le gel est saisonnier quand la température de la couche de surface est inférieure à 0°C pendant la saison froide mais supérieure au point de congélation pendant la saison chaude.

Géliturbation : Voir cryoturbation.

Gyttja : Voir tourbe aquatique.

Habitat faunique : Somme des conditions écologiques d'un endroit particulier occupé par un organisme, une population ou une communauté (Hanson, 1962). Se dit de la distribution d'une espèce en réponse aux facteurs écologiques à différents points sur le territoire (Whittaker *et al.*, 1975). C'est un espace de vie reconnaissable, comprenant des facteurs physiques et biologiques interactifs, qui fournit les conditions minimales pour qu'un individu ou la population d'une espèce puisse survivre et se reproduire (Stelfox, 1982).

Halophyte : Végétation qui pousse naturellement dans des sols à forte teneur en sels (Agriculture Canada, 1976).

Haute terre : Région d'ordinaire suffisamment drainée pour prévenir la saturation du sol et où l'eau s'écoule surtout vers le bas et très peu latéralement ou vers le haut; contraste avec les zones humides habituellement plus basses.

Hétérotrophe : Qui peut tirer de l'énergie, pour l'entretien de la vie, de la décomposition des matières organiques (Agriculture Canada, 1976).

Humide : Régions où l'indice d'humidité de Thornthwaite se situe entre 20 et 100, indiquant un climat humide où les surplus d'humidité sont plus importants que les insuffisances d'humidité (Sanderson, 1948).

Humique : Couche de matières organiques très décomposée, contenant peu de fibres végétales qu'on peut facilement détruire par frottage (Comité canadien de pédologie, 1978).

Hydrophyte : Végétation qui croît naturellement dans l'eau ou dans des sols saturés d'eau.

Hydrosère : Terme collectif qui englobe tous les stades d'une succession dont le premier est l'eau ou des habitats humides (Hanson, 1962). Se dit d'une progression en série de communautés végétales et de sols résultant d'un remplissage graduel de bassin ou de l'assèchement d'une communauté terrestre.

Hyperocéanique : Se dit de conditions climatiques extrêmes associées à la proximité de l'océan, comprenant de très fortes précipitations, des brouillards denses, du sel transporté en abondance par l'atmosphère et des températures élevées.

Inondation : Débordement d'eau, habituellement saisonnier ou périodique.

Kame : Tertre ou colline de forme irrégulière constitué de drift glaciaire stratifié, déposé par l'eau de fonte des glaces (Agriculture Canada, 1976).

Kettle : Dépression circulaire ou elliptique formée dans des matériaux morainiques ou fluvio-glaciaires par la fonte de blocs de glace enfouis. Les matériaux glissent vers l'intérieur et remplissent partiellement les dépressions, formant des bassins en forme de cuvettes à pentes douces. Synonyme : marmite.

Lac thermokarstique : Lac occupant une dépression fermée constituée par l'affaissement du sol dû au dégel de la glace du sol (Harris *et al.*, 1985).

Lac dystrophe : Lac associé à des bogs composés de tourbe acide et en grande partie rempli de sédiments composés de matières non humifiées ou de matières organiques tourbeuses. D'habitude, l'eau est jaunâtre ou brunâtre, souvent acide, et comporte peu de calcium et de poissons (Veatch et Humphrys, 1966).

Lagg : Partie surbaissée d'une tourbière bombée (Agriculture Canada, 1976).

Limite du pergélisol : Limite supérieure du pergélisol (Brown et Kupsch, 1974).

Marais salé : Forme de marais soumis à l'influence quotidienne ou saisonnière d'eaux saumâtres ou salées, se trouvant généralement sur la côte et dans des prairies sèches.

Marécage boisé/arbustif : Voir marécage de bosquet.

Marécage de bosquet : Marécage recouvert de grands arbustes (de plus de 135 cm) sur plus de 25 %, de sa superficie et ayant une strate herbacée évidente. Des monticules de *Sphagnum* et de mousses de l'en peuvent être présents (Jeglum *et al.*, 1974). Synonyme : marécage arbustif supérieur ou boisé/arbustif, selon la hauteur et la grandeur des arbustes comme *Alnus* spp.

Maritimes : Région du Canada couvrant entièrement les provinces suivantes : Nouvelle-Ecosse, Nouveau-Brunswick et Île-du-Prince-Édouard.

Matière folique : Matière organique associée à l'accumulation de couches de feuilles, de brindilles, de branches et de mousses produisant des couches épaisses de sol qui ont un contact minéral ou lithique (Comité canadien de pédologie, 1978). Synonyme : folisol.

Matière organique : Fraction non minérale de sol; comprend des résidus végétaux et animaux à diverses phases de décomposition. Les sols organiques sont saturés pendant la majeure partie de l'année, sauf s'ils sont drainés artificiellement, et contiennent 17 % de carbone organique (Agriculture Canada, 1976).

Mésique : Matière organique se trouvant dans un état intermédiaire de décomposition. On peut identifier l'origine botanique des fibres (Comité canadien de pédologie, 1978).

Minérotrophe : Milieu alimenté par des eaux minérales. Se dit de terres humides qui reçoivent des éléments nutritifs par des eaux souterraines minérales ainsi que par l'écoulement ou par la percolation d'eaux pluviales, ce qui indique que les éléments nutritifs sont transportés jusqu'à la tourbe par des eaux qui les ont extraits d'un sol minéral (Stanek, 1977; Du Rietz, 1954; Sjörs, 1961a).

Mire : Terme anglais général qualifiant toutes sortes de tourbières et de végétation de tourbières (Pollett, 1968; Godwin et Conway, 1939).

Moder : Humus forestier zoogène formé de débris végétaux, non feutrés (Agriculture Canada, 1976).

Monticule : Petite hauteur, de forme irrégulière à conique, constituée d'un noyau de glace ou de gravier dans l'Arctique, et recouverte d'une végétation dense dans les régions du sud (American Geological Institute, 1976). Synonymes : butte; thufur.

Moor : Terme germanique qualifiant toute étendue de tourbe profonde, acide ou alcaline. En Angleterre, le mot s'applique à des hautes terres recouvertes de bruyères et d'autres éricacées naines, principalement *Vaccinium* spp. On utilise souvent le mot pour désigner des terres où croissent des communautés végétales acidiphiles (Tansley, 1953; Stanek, 1977).

Mor : Humus brut forestier non zoogène contenant plus de 52 % de carbone organique (Agriculture Canada, 1976).

Moraine de fond : Moraine compacte déposée sous un glacier, ou alluvion glaciaire déposée et chevauchée par des glaciers pour former un relief peu accidenté et en pente faible.

Moraine mamelonnée : Dépôts glaciaires constituant des collines coniques arrondies et des dépressions formées sous des nappes de glace stagnantes.

Mull : Humus forestier zoogène constitué d'un mélange de matières organiques et de sol minéral ayant une structure granulaire. La teneur en matières organiques varie de 5 à 20 % (Agriculture Canada, 1976).

Muskeg : Terme nord-américain fréquemment employé pour désigner une tourbière. Le mot, d'origine algonquine, est utilisé en langage courant pour désigner des zones naturelles et non perturbées, plus ou moins recouvertes de mousses *Sphagnum*, de buttes de laîches et d'arbustes en croissance libre (Stanek, 1977). Synonyme : fondrière de mousse.

Nitrification : Oxydation biochimique de l'ammonium en nitrate (Agriculture Canada, 1976).

Niveau de pergélisol : Voir limite de pergélisol.

Oligotrophe : Se dit de tourbières constituées de plantes poussant dans des eaux douces, pauvres à très pauvres en éléments nutritifs (Stanek, 1977).

Ombrophile : Qui est alimenté entièrement par des précipitations et ayant habituellement du sulphate et de l'hydrogène comme ions prédominants.

Ombrotrophe : Qui n'est alimenté que par des pluies. Se dit de régions qui dépendent entièrement des éléments nutritifs contenus dans les précipitations (Du Rietz, 1949; Sjörs, 1961b; Pollett, 1968).

Pacifique : Région du Canada comprenant la zone côtière et les îles situées le long de la côte ouest de la Colombie-Britannique.

Paléoclimatique : Climat dans un contexte historique, comme pendant les périodes glaciaires, expliqué indirectement par d'autres moyens comme les études palynologiques.

Palse : Monticule de pergélisol tourbeux, ayant d'habitude un noyau de couches où alternent une glace de ségrégation et un sol minéral comportant de la tourbe (Brown et Kupsch, 1974). La palse peut se présenter sous forme de fen ou de bog.

Paludification : Terme utilisé pour décrire le processus de l'expansion d'un bog due à une élévation graduelle de la nappe phréatique à mesure que l'accumulation de la tourbe empêche le drainage (Auer, 1930; Pollett, 1968). Synonyme : turbification.

Palynologie : Partie de la botanique qui étudie les pollens et les spores dans un contexte historique, par l'observation de la tourbe et des dépôts sédimentaires, pour interpréter les milieux du passé (Gilpin, 1976).

Pergélisol : Terrain (sol et/ou roche) dont la température reste égale ou inférieure à 0°C pendant deux ans au moins (Brown et Kupsch, 1974).

Pergélisol en expansion : Expansion du pergélisol dans un sol qui n'en contenait pas.

Perhumide : Qualifie un climat; région où l'indice d'humidité de Thornthwaite est supérieur à 100, indiquant d'importants surplus d'humidité (Sanderson, 1948).

Phréatophyte : Se dit d'une plante puisant son eau à des sources souterraines et libérant par transpiration dans l'atmosphère de grandes quantités d'eau (Soil Conservation Society of America, 1982).

Plateau de tourbe : Étendue de tourbe, de faible élévation et au sommet généralement plat, dominant la majeure partie de la surface de la tourbière et contenant de la glace de ségrégation qui se prolonge généralement dans le sol minéral sous-jacent (Brown et Kupsch, 1974; Tarnocai, 1970).

Plateau polygonal de tourbe : Plateau de tourbe comportant des polygones de fentes de glace (Zoltai et Tarnocai, 1975).

Polygone : Type de figuration périglaciaire constitué par une figure fermée, ayant à peu près la forme d'un polygone régulier dont les côtés sont plus ou moins droits, mais dont certains, ou même tous, peuvent avoir une courbure irrégulière (Brown et Kupsch, 1974).

Population sur pied : Poids total des organismes d'une ou plusieurs espèces dans une région donnée. La population sur pied mesure habituellement la phytomasse annuelle produite par les plantes à l'apogée de la saison de croissance (Hanson, 1962).

Prairie : Au sens étroit, la prairie est une étendue plate ou onduleuse dépourvue d'arbres, dominée par des herbacées et des plantes non ligneuses et comportant peu d'arbustes (Soil Conservation Society of America, 1982). Au sens large, la prairie comprend des composantes herbeuse et à tremblaies où il peut y avoir des bosquets ou des plantations d'arbres. Strong et Leggat (1981) distinguent les composantes herbeuse et à tremblaies selon le critère d'un couvert forestier de 15 % ou moins. La prairie qui s'est développée sous des climats secs, subhumides à subarides, est habituellement caractérisée par des déficits de rétention l'été et des sols chernozémiques (Coupland, 1961).

Prairie humide : Étendue humide habituellement plate comportant une végétation herbacée continue poussant sur des sols acides intrazonaux ayant un horizon épais et riche en humus (Lewis, 1977). C'est une zone de végétation inondée pendant quelques semaines à peine où, dans des conditions naturelles, poussent de l'herbage, des plantes non ligneuses et de grands arbustes (Millar, 1976).

Préservation : Le fait de maintenir sans les modifier les ressources naturelles, les structures ou les situations héritées du passé (Gilpin, 1976).

Productivité primaire de tourbe : Taux d'accumulation de la matière organique par la photosynthèse et la chimiosynthèse des organismes producteurs ou des plantes autotrophes, habituellement mesuré en grammes par jour (Soil Conservation Society of America, 1982).

Rabattement : Abaissement du niveau de l'eau des réservoirs ou des bassins de retenue provoqué par une utilisation intensive ou un prélèvement à des fins de gestion (Veatch et Humphrys, 1966).

Relèvement postglaciaire : Relèvement isostatique graduel de la surface de la terre à la suite du retrait des glaciers.

Remplissage : Voir paludification.

Rigole : Sillon de drainage mal défini sur un terrain comprenant du pergélisol, caractérisé par une légère dépression à la surface et une couche active plus profonde que dans les zones situées entre les rigoles. Elle est souvent caractérisée par une végétation plus haute et plus dense (Zoltai et Pettapiece, 1973).

Salinité : Quantité de sels solubles dans le sol ou en solution, exprimée en partie par milliers (‰).

Sédimentation : Dépôt par gravité de matières solides ou de détritus dans le fond de nappes d'eau. Géologiquement, c'est la formation ou l'accumulation de matières en couches comprenant notamment la séparation, le transport, le dépôt et la consolidation en d'autres roches (Gilpin, 1976; American Geological Institute, 1980).

Solifluxion : Déplacement lent sur une pente de matières terreuses saturées et non gelées (Brown et Kupsch, 1974).

Stratigraphie de tourbe : Séquence verticale de couches de différents matériaux composant un dépôt de tourbe. Les différences peuvent être attribuables à la composition floristique, au stade de la décomposition et à la présence de matériaux étrangers.

Structure : Voir crête de tourbière.

Subarctique : Se dit d'une région où la végétation dominante est constituée d'un couvert clair de conifères avec ou sans avant-buttes de toundra dépourvues d'arbres (La Roi *et al.*, 1967).

Succession : Remplacement d'une communauté ou d'une population par une autre à la suite de changements survenus dans l'environnement (Gilpin, 1976).

Surface de saturation : Surface supérieure de la nappe phréatique ou niveau sous lequel le sol est saturé d'eau. Elle constitue le point de rencontre entre le sol et l'eau où la pression hydraulique est égale à la pression atmosphérique (Soil Conservation Society of America, 1982).

Surveillance des terres humides : Évaluation des causes, des taux et des tendances dans les changements écologiques ou d'utilisation des terres associés aux unités de terres humides du territoire, exprimée en période de temps, étendues géographiques ou effet cumulatif ou synergique.

Swale : Voir dépression marécageuse.

Tempéré : Climat caractérisé par des niveaux de précipitations annuels modérés à élevés, des hivers doux et des étés chauds.

Terre coprogène : Voir tourbe sédimentaire.

Terre de diatomées : Débris de diatomées siliceux terreux, grisâtres, à structure fine, rencontrés sous forme pulvérulente ou poreuse (Agriculture Canada, 1976).

Terre humide ouverte : Terre humide généralement dépourvue d'arbres.

Thermokarst : Développement de formes de terrains caractéristiques résultant du dégel du pergélisol riche en glace (French, 1976; Washburn, 1979).

Touffe d'herbes : Touffe épaisse de laîches ou d'autres plantes formant dans une terre humide un petit monticule au sol solide (Niering, 1985).

Toundra : Plaine plate ou ondulante, dénuée d'arbres, caractéristique des régions arctiques (Agriculture Canada, 1976).

Tourbe : Matière composée en grande partie de résidus animaux et végétaux mal décomposés, provenant de milieux plus ou moins gorgés d'eau. La tourbe a besoin de conditions anaérobies, de basses températures et d'autres facteurs complexes pour se former (Pollett, 1968; Heinselman, 1963).

Tourbe aquatique : Tourbe formée sous un plan d'eau dormante. Elle est produite principalement par diverses plantes, algues et mousses aquatiques. Légèrement collante, de brun foncé à noire, la matière est habituellement bien décomposée (humique) (Zoltai et Tarnocai, 1975). Synonymes : tourbe sédimentaire; tourbe allochtone; tourbe de détritus; gyttja.

Tourbe combustible : Matières tourbeuses, satisfaisant aux critères de la teneur et du type organiques, qu'on peut extraire et utiliser comme combustible pour produire de l'énergie ou dans des systèmes chimiques comme source énergétique de remplacement du gaz, du pétrole, de l'énergie nucléaire et de l'hydroélectricité.

Tourbe de fen : Dépôt de tourbe dans un fen, généralement composé, en différentes proportions, de mousses brunes, de laîches ou d'autres débris de plantes poussant dans les fens. Elle est habituellement de moyennement à bien décomposée (Zoltai et Tarnocai, 1975).

Tourbe de fond : Tourbe se trouvant à la base d'un dépôt de tourbe situé immédiatement au-dessus d'un substrat de sol minéral, et d'habitude en contact avec celui-ci.

Tourbe de forêt : Tourbe modérément à bien décomposée, formée dans les tourbières boisées. Elle a une couleur brun foncé à brun-rougeâtre foncé; la structure des fibres est amorphe à très fine; et elle peut avoir une macrostructure quelque peu formée en couches. Les principales plantes qui la composent sont les arbres et les arbustes, les hypnées et, dans certains cas, les lichens (Zoltai et Tarnocai, 1975).

Tourbe de mousses brunes : En Europe, tourbe composée d'espèces de mousses brunes, notamment *Amblystegium*, *Paludella* et *Hypnum* (Cajander, 1913; Stanek, 1970); au Canada, tourbe composée de mousses d'Amblystegiaceae en proportions variées (*Scorpidium*, *Drepanocladus*, *Calliergon*, *Campylium*), *Hypnum* et *Tomenthypnum*.

Tourbe de Sphagnum : Tourbe de mousse souvent peu décomposée, brute et comportant principalement des restes de *Sphagnum* spp., mais qui comportent des fragments d'éricacées comme *Carex* spp., *Eriophorum* spp. et des débris d'arbres (Stanek et Worley, 1983; Puustjärvi, 1979; Pollett, 1968).

Tourbe horticole : Tourbe extraite et vendue à des fins horticoles.

Tourbe laîche : Tourbe composée en grande partie de la biomasse aérienne et souterraine de *Carex* et parfois *Eriophorum*, plantes qui poussent dans des conditions minérotrophes (Zoltai et Tarnocai, 1975).

Tourbe limnique : Couche de tourbe d'au moins 5 cm d'épaisseur composée de marne, de terre de diatomées ou de terre coprogène (tourbe sédimentaire) (Agriculture Canada, 1976).

Tourbe sédimentaire : Tourbe composée de débris de plantes aquatiques modifiées par des animaux aquatiques. Synonyme : terre coprogène.

Tourbière : Terme générique qualifiant tous les types de terrains recouverts de tourbe. De nombreuses tourbières sont des complexes de marécages, de bogs et de fens, parfois appelées "complexe de mires" (Pollett, 1968; Heinselman, 1963).

Tourbière rhéophile : Tourbière influencée par des eaux souterraines provenant de l'extérieur de son bassin versant immédiat (Moore et Bellamy, 1974), caractérisée par du bicarbonate comme anion prédominant et du calcium comme cation prédominant.

Bibliographie

AGRICULTURE CANADA. 1976. Glossaire des termes de la science des sols. Agriculture Canada. Publication nº 1459. Ottawa, Ontario. 44 p.

AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE. 1976. Dictionary of geological terms. Anchor Books. Garden City, New York. 472 p.

AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE. 1980. Glossary of geology. 2e édition. R.L. Bates et J.J. Jackson, directeurs de publication. Falls Church, Virginie. 751 p.

SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT ATMOSPHÉRIQUE. 1982. Normales climatiques au Canada, 1951-1980. Volume 4 : Degré-jours. Environnement Canada. Downsview, Ontario. 280 p.

AUER, V. 1930. Peat bogs in southeastern Canada. Ministère des Mines du Canada. Commission géologique du Canada. Mémoire 162. Ottawa, Ontario. 32 p.

BANFIELD, A.W.F. 1974. Les mammifères du Canada. Musées nationaux du Canada Ottawa, Ontario et les Presses de l'Université Laval, Québec, Québec. 438 p.

BARRY, T.A. 1954. Some considerations affecting the classification of the bogs of Ireland. Irish Forestry 11(2):48–64.

BROWN, R.J.E., ET W.O. KUPSCH. 1974. Terminologie du pergélisol. Comité associé sur la recherche géotechnique, Conseil national de recherches du Canada. Mémoire technique NRCC nº 14274 F. Ottawa, Ontario. 66 p.

CAJANDER, A.K. 1913. Studien über die Moore Finlands. Acta Forestalia Fennica Volume 2.

COMMISSION CANADIENNE DE PÉDOLOGIE. 1978. Le système canadien de classification des sols. Direction de la recherche, ministère de l'Agriculture du Canada. Publication nº 1646. Ottawa, Ontario. 164 p.

CLAYTON, J.S., W.A. EHRLICH, D.B. CANN, J.H. DAY, ET I.B. MARSHALL. 1977. Soils of Canada. Agriculture Canada. Ottawa, Ontario. 2 volumes et carte.

COUPLAND, R.T. 1961. A reconsideration of grassland classification in the northern great plains of North America. Journal of Ecology 49:135–167.

DRURY, W.H., JR. 1956. Bog flats and physiographic processes in the upper Kuskokwin River region, Alaska. Harvard University, Contributions of the Herbarium No. 178. Boston, Massachusetts.

DU RIETZ, G.E. 1949. Main units and main limits of Swedish mire vegetation (en suédois, résumé en anglais). Svensk. Bot. Tidskr. 43:274–309.

DU RIETZ, G.E. 1954. Die Mineralbodenwasserzeigergrenze als Grundlage einer natürlichen Zweigliederung der nord-und mitteleuropäischen Moore. Vegetatio 5–6:571–585.

ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA. 1980. Canada Atlas toponymique. Guérin, Énergie, Mines et Ressources Canada et MacMillan (Canada) Ltée. 1980. Montréal, Québec. 165 p.

ENVIRONNEMENT CANADA. 1986. Stratégie mondiale de la conservation–Canada, Rapport sur les réalisations dans le domaine de la conservation. Rapport de la Conférence sur la conservation et le développement. Compilation : D.P.W. Pollard et M.R. McKechnie. Environnement Canada. Ottawa, Ontario. 61 p.

FAIRBRIDGE, R.W. 1980. The estuary: its definition and geodynamic cycle. *Dans* Chemistry and biogeochemistry of estuaries. E. Olavsson et I. Cato, directeurs de publication. J. Wiley and Sons. New York, New York. p. 1–35.

FRENCH, H.M. 1976. The periglacial environment. Longman Group Limited, Londres, Royaume-Uni et Longman Inc., New York, New York. 309 p.

GILPIN, A. 1976. Dictionary of environmental terms. University of Queensland Press. St. Lucia, Australie. 191 p.

GODFREY, W.E. 1986. Les oiseaux du Canada. Musées nationaux du Canada. Édition révisée. Ottawa, Ontario. 650 p.

GODWIN, H., ET V. CONWAY. 1939. The ecology of a raised bod near Tregaron, Cardiganshire. Journal of Ecology 27:313–363.

HAMELIN, L.E. 1957. Les tourbières réticulées du Québec—Labrador subarctique : interprétation morpho-climatique. Cahiers de géographie de Québec 2:87–106.

HANSON, H.C. 1962. Dictionary of ecology. Philosophical Library. New York, New York. 382 p.

HARRIS, S.A., H.M. FRENCH, J.A. HEGINBOTTOM, G.H. JOHNSTON, B. LADANYI, D.C. SEGO, ET R.O. VAN EVERDINGEN. 1985. Terminologie du pergélisol et notions connexes. Comité associé sur la recherche géotechnique. Sous-comité du pergélisol, Conseil national de recherches du Canada. Rapport préliminaire. Ottawa, Ontario. 140 p.

HEINSELMAN, M.L. 1963. Forest sites, bog processes, and peatland types in the Glacial Lake Agassiz region, Minnesota. Ecological Monographs 33: 327–372.

HOSIE, R.C. 1980. Arbres indigènes du Canada. 8e édition. Fides, Environnement Canada et MacMillan (Canada) Ltée. Montréal, Québec. 380 p.

IRELAND, R.R. 1982. Moss flora of the maritime provinces. Musées nationaux du Canada. Publication nº 13. Ottawa, Ontario. 738 p.

JEGLUM, J.K., A.N. BOISSONNEAU, ET V.F. HAAVISTO. 1974. Toward a wetland classification for Ontario. Service canadien des forêts, Environnement Canada. Rapport d'information nº O-X-215. Sault-Sainte-Marie, Ontario. 54 p.

LA ROI, G.H., C.G. HAMPSON, W.A. FULLER, ET E. NYLAND. 1967. The boreal forest. *Dans* Alberta, a natural history. W.G. Hardy, M.C. Johnson et C.G. Hampson, directeurs de publication. M.G. Hurtig Ltée., Edmonton, Alberta. p. 151–191.

LEWIS, W.M. 1977. Ecology field glossary. Greenwood Press. Westport, Connecticut. 152 p.

MILLAR, J.B. 1976. Wetland classification in western Canada: a guide to marshes and shallow open water wetlands in the grasslands and parklands of the prairie provinces. Service canadien de la faune, Environnement Canada. Série de rapports nº 37. Saskatoon, Saskatchewan. 38 p.

MOORE, P.D., ET D.J. BELLAMY. 1974. Peatlands: a guide to marshes and shallow open water wetlands in the grasslands and parklands of the prairie provinces. Springer-Verlag Inc. New York, New York. 221 p.

NIERING, W.A. 1985. Wetlands. The Audubon Society Nature Guide Series. Alfred A. Knopf, Inc. New York, New York. 640 p.

POLLETT, F.C. 1968. Glossary of peatland terminology. Ministère des Forêts et du Développement rural. Rapport interne nº N-5. Saint-Jean, Terre-Neuve. 30 p.

PUUSTJÄRVI, V. 1979. Classification of virgin peat with regard to the requirements of horticultural peat use. *Dans* Classification of peat and peatlands. E. Kivinen, L. Heikurainen et P. Pakarinen, directeurs de publication. International Peat Society. Helsinki, Finlande. p. 239–259.

SANDERSON, M. 1948. The climates of Canada according to the new Thornthwaite classification. Scientific Agriculture 28:501–517.

SCOGGAN, H.J. 1978. The flora of Canada. Musée national des sciences naturelles. Publication en botanique nº 7. Ottawa, Ontario. 1 711 p.

SCOTT, W.B., ET E.J. CROSSMAN. 1974. Les poissons d'eaux douces du Canada. Office des recherches sur les pêcheries du Canada, Pêches et Océans Canada. Bulletin nº 184. Ottawa, Ontario. 1 026 p.

SJÖRS, H. 1961a. Surface patterns in boreal peatlands. Endeavour 20:217–224.

SJÖRS, H. 1961b. Forest and peatland at Hawley Lake, northern Ontario. Musées natlionaux du Canada. Bulletin nº 171. Ottawa, Ontario. p. 1–31.

SLOAN, C.E. 1970. Prairie potholes and the water table. United States Geological Survey. Professional Paper 700-B. Washington, DC. p. B227–B231.

SOIL CONSERVATION SOCIETY OF AMERICA. 1982. Resource conservation glossary. 3e édition. H.W. Pritchard, président. Madison, Wisconsin. 126 p.

STANEK, W. 1977. A list of terms and definitions. *Dans* Muskeg and the northern environment in Canada. N.W. Radforth et C.O. Brawner, directeurs de publication. University of Toronto Press. Toronto, Ontario. p. 367–387.

STANEK, W., ET I.A. WORLEY. 1983. A terminology of virgin peat and peatlands. *Dans* Proceedings, International Symposium on Peat Utilization. C.H. Fuschman et S.A. Spigarelli, directeurs de publication. Bemidji State University, Bemidji, Minnesota. p. 75–102.

STELFOX, H.A. 1982. Conceptual considerations for wildlife habitat inventory and the role of ecological land classification. Document de travail. Second Wildlife Integration Workshop. Banff, Alberta. Du 21 au 24 mars 1982. Fish and Wildlife Division, Alberta Department of Energy and Natural Resources. Edmonton, Alberta. Inédit. 3 p.

STRONG, W.L., ET K.R. LEGGAT. 1981. Ecoregions of Alberta. Research Evaluation and Planning Division, Alberta Department of Energy and Natural Resources. Technical Report No. T/4. Edmonton, Alberta. 64 p.

TANSLEY, A.G. 1953. The British Isles and their vegetation. 2 volumes. Cambridge University Press. Cambridge, Royaume-Uni. 930 p.

TARNOCAI, C. 1970. Classification of peat landforms in Manitoba. Agriculture Canada. Winnipeg, Manitoba. Inédit. 60 p.

UNITED STATES ARMY CORPS OF ENGINEERS. 1986. Wetland plants of the Pacific Northwest. Seattle District Office. Seattle, Washington. 85 p.

VEATCH, J.O., ET C.R. HUMPHRYS. 1966. Water and water use terminology. Thomas Printing and Publishing Co., Kaukauna, Wisconsin. 375 p.

WASHBURN, A.L. 1979. Geocryology. Edward Arnold Ltd. Londres, Royaume-Uni. 320 p.

WHITTAKER, R.M., S.A. LEVIN, ET R.B. ROOT. 1975. On the reasons for distinguishing "niche, habitat, and ecotope". Letters to the editors. American Naturalist 109:479–482.

ZOLTAI, S.C. 1971. Southern limit of permafrost features in peat landforms, Manitoba and Saskatchewan. Association géologique du Canada. Mémoire spécial Nº 9. Winnipeg, Manitoba. p. 305–310.

ZOLTAI, S.C., ET W.W. PETTAPIECE. 1973. Terrain, vegetation, and permafrost relationships in the nothern part of the Mackenzie Valley and northern Yukon. Programme écologique et social, Pipelines du Nord. Groupe d'étude de la mise en valeur du pétrole du Nord. Rapport nº 73-4. Ottawa, Ontario. 105 p.

ZOLTAI, S.C., ET C. TARNOCAI. 1975. Perennially frozen peatlands in the western Arctic and Subarctic of Canada. Journal canadien des sciences de la terre 12:28–43.

Index général

Amphibiens et reptiles 231, 385

Analyses chimiques de la tourbe et de l'eau 20–21

Analyses de la végétation 21

Assimilation de déchets 188

Cadre géographique 30–31, 58–59, 100–101, 158–159, 203–204, 252–253, 309, 351–352

Classes de salinité 182–183, 351

Classes de terres humides 13–15
- — Bog 13
- — Plan d'eau peu profonde 15
- — Fen 13–14
- — Marais 14–15
- — Marécage 14

Classification des sols organiques 11–12

Classification des terres humides 9–16, 166, 266, 351, 413–427

Climat 31–32, 59–60, 101, 159–160, 205, 253, 309–311

Coin de glace 38–39, 66

Complexes des terres humides de l'Est tempéré 233–237

Conservation des terres humides du Nord 50–51, 405

Conservation 50–51, 150, 192–193, 289–290, 383–389

Convention Ramsar 192, 234–235, 383

Conversion de terres humides 237–238, 369, 389–406

Définition des terres humides 3, 162–163, 350–351

Densité de répartition des terres humides 163

Destruction de terres humides urbaines 392–394, 399–406

Distribution des terres humides 32–33, 169–170, 284–286, 352–353

Distribution régionale des terres humides 16–18, 352

Diversité des habitats 384–385

Drainage 186–187, 291, 342, 389–392, 398

Dynamique des écosystèmes des terres humides 17–19, 47–48, 86–88, 140–144, 180–182, 224–227, 256–257, 338–342

Eaux souterraines 164–165

Énergie marémotrice 395

Espèces menacées de disparition 385–386

Estuaire 351

État et recyclage des éléments nutritifs 85–86, 139–140, 181–182

Évolution des terres humides depuis la déglaciation 7–8, 58–59, 160–161, 224–227, 341

Exploitation énergétique et répercussions 254, 293–296, 394–396

Facteurs qui agissent sur la formation des terres humides 4–7, 256–264, 311–312

Fonctions biogéochimiques 385–387

Fondation d'habitat faunique du Canada 193, 291, 383, 407

Foresterie dans les tourbières 293–294, 396–398

Formes de bog
- — Bog à palse 68–70, 116–122, 417
- — Bog bombé 104–108, 206–208, 259–260, 329–331, 417
- — Bog de bassin 114–116, 206, 259–260, 312–313, 317, 417
- — Bog de monceau 417
- — Bog de monceau tourbeux 41–43, 417
- — Bog de plateau de l'Atlantique 259–260, 417
- — Bog de plateau du Nord 108–112, 418
- — Bog de plateau polygonal tourbeux 64–68, 418
- — Bog de plateau tourbeux 61–64, 116–122, 418
- — Bog de rivage 208, 313, 316, 318, 418
- — Bog effondré 120, 418
- — Bog en couverture 259–260, 418
- — Bog en plaqué 78–82, 418
- — Bog flottant 313, 316, 318, 418
- — Bog incliné 259–260, 318–327, 418
- — Bog plat 112–114, 206, 327–328, 418
- — Bog polygonal des basses terres 36–41, 418
- — Bog structuré 259–260, 418

Formes de fen
- — Fen à palse 419
- — Fen côtelé de l'Atlantique 259–260, 419
- — Fen côtelé du Nord 70–77, 128–133, 419
- — Fen de bassin 44, 124–125, 179–180, 419
- — Fen de chenal 77–78, 210–212, 419
- — Fen de neige tardive 43–44, 419
- — Fen de rivage 209–210, 336–337, 419
- — Fen de ruisseau 209–210, 336–337, 420
- — Fen effondré 78–82, 116–122, 420
- — Fen en échelle 259–260, 420
- — Fen en réseau 420
- — Fen flottant 137, 420
- — Fen horizontal 122–124, 420
- — Fen incliné 259–260, 337–338, 420
- — Fen penné 133–134, 420
- — Fen polygonal des basses terres 36–41, 420
- — Fen sourceux 125–128, 420

Formes de marais
— Bas marais côtier 351, 421
— Bas marais estuarien 266–269, 351, 421
— Haut marais côtier 351, 421
— Haut marais estuarien 266–269, 351, 421
— Marais d'eau douce à marée 222–223, 421
— Marais d'infiltration 421
— Marais de bassin peu profond 177, 422
— Marais de bassin terminal 422
— Marais de chenal 172, 174–175, 422
— Marais de delta actif 46, 133, 135, 422
— Marais de delta inactif 133, 135, 422
— Marais de kettle 175–177, 422
— Marais de plaine d'inondation 45, 82–83, 170–172, 422
— Marais de rivage 135–138, 221–222, 422
— Marais de ruisseau 172, 422
Formes de marécages
— Marécage à bordure tourbeuse 105–106, 115–116, 213–214, 423
— Marécage de bassin 214, 331, 423
— Marécage de plaine d'inondation 45–46, 82–83, 138–139, 332–334, 423
— Marécage de rivage 214–217, 423
— Marécage de ruisseau 214, 331–332, 423
— Marécage plat 423
— Marécage sourceux 217–219, 334–336, 423
Formes de plans d'eau peu profonde
— D'eau d'estuaire 424
— D'eau de bassin peu profond 424
— D'eau de bassin terminal 177–179, 424
— D'eau de chenal 424
— D'eau de délaissé 424
— D'eau de delta 424
— D'eau de kettle 178–179, 424
— D'eau de mare de toundra 44–45, 424
— D'eau de marée 424
— D'eau de rivage 223–224, 424
— D'eau de ruisseau 424
— D'eau sans marée 424
— D'eau thermokarstique 83–85, 424
Formes de terres humides (*voir formes de bog, de fen, de marais, de plan d'eau peu profonde et de marécages*)
Formes de terres humides boréales 103–139
Formes de terres humides de l'Arctique 36–46
Formes de terres humides de la côte du Pacifique 312–338
Formes de terres humides des Prairies 170–180
Formes de terres humides subarctiques 60–85
Formes de terres humides de l'Est tempéré 205–224
Hydrologie 163–165, 187–188, 232–233, 288, 338, 385–387

Lacs salés 186

Marais atlantiques d'eau douce 282, 284

Marais salés
— Définition 350–351
— Destruction 369, 395, 399–400, 404–405
— Développement 264–265, 277–281, 351–353
— Priorités de recherche 369–370
— Valeurs 366–369

Méthodes d'échantillonnage de la tourbe et de l'eau 19

Mise en culture 291–293, 389–392

Perte d'eau 165

Phases de terres humides
— Forêts 320–322
— Forêts claires 322–323
— Mouillées 331
— Peu profondes 136–137, 325–327
— Profondes 136–137, 323–325

Plan nord-américain de gestion de la sauvagine 193, 383, 407

Processus de formation des tourbières 4–7, 256–264

Productivité 145, 188–189, 269–270, 273, 277, 384–385

Programmes d'évaluation 240–241, 383, 404

Programmes de conservation 150, 193, 238–240, 291, 293, 383, 402

Récolte des ressources renouvelables 388–389

Régions de terres humides boréales
— Boréal de l'Atlantique (BA) 253–254
— Bas-boréal (BB) 103
— Haut-Boréal (BH) 103
— Boréal moyen (BM) 103

Régions de terres humides de l'Arctique
— Bas-Arctique (AB) 35–36
— Haut-Arctique (AH) 33–34
— Arctique moyen (AM) 34–35

Régions de terres humides de l'Atlantique 253–254

Régions de terres humides des montagnes 18
— Montagnes côtières (MC) 308–309, 405
— Montagnes de l'Est (ME) 253–254, 405
— Montagnes de l'intérieur (MI) 405
— Montagnes rocheuses (MR) 405

Régions de terres humides des Prairies
— Prairies continentales (PC) 161–162, 401
— Prairies d'intermontagnes (PI) 162, 401

Régions de terres humides océaniques 18
— Océanique atlantique (OA) 253–254, 405
— Océanique pacifique (OP) 308–309

Régions de terres humides subarctiques
— Subarctique atlantique (SA) 59, 253–254
— Bas-Subarctique (SB) 59–60
— Haut-Subarctique (SH) 59–60

Régions de terres humides tempérées
— Tempérées de l'Est (TE) 201–204
— Tempérées du Pacifique (TP) 308–309

Régions de terres humides (*voir région de terres humides de l'Arctique, boréales, des montagnes, océaniques, des Prairies, du Subarctique et tempérées*)

Répartition des marais salés
— Arctique 361–362
— Baie de Fundy 267, 359–360
— Baies James et d'Hudson 362–366
— Côte atlantique 266–267, 357–361
— Côte pacifique 353–357
— Golfe du Saint-Laurent 267–269, 275, 358–359
— Terre-Neuve/Labrador 269, 360–361

Répercussions industrielles 342, 392–394

Répercussions sur l'utilisation des terres 149–150, 186–187, 190, 192, 289–296, 342, 344, 369, 389–398

Salinité et formation des terres humides 182–186, 264–265, 350–351

Sous-formes de terres humides
— Eau libre intermittente 168
— Eau libre permanente 168–169
— Lac salé intermittent 169
— Marais de prairie humide 137, 167
— Marais peu profond 135–138, 167
— Marais profond 135–138, 167–168
— Transition entre marais flottant/fen 136–138

Stabilité des terres humides 50, 88–89, 144

Succession 88–89, 140–144, 225–227, 277–284, 338–342

Système de classification des terres humides du Canada 13–16, 413–427

Systèmes régionaux de classification des terres humides du Canada 12

Tourbe
— Propriétés physiques 19–20
— Récolte 293–296, 342, 395–398
— Taux d'accumulation 48–49, 89–90, 144–145, 225–226, 258–260, 288
— Vieillissement 41, 49–50, 90–91, 145–148, 225–226, 341–342

Tourbières de l'Atlantique 254–256

Types de terres humides (exemples) 16, 426
— À graminées 209, 210–211
— À joncs 170–177

— À laîches 177, 336–337
— À laîches/herbacées 172, 179–180
— À mousses 313
— À mousses/plantes non ligneuses 318
— Aquatiques, submergées 177–178
— Aquatiques, submergées/flottantes 178, 180
— Arbustives inférieures 330–331
— Arbustives supérieures 323–327, 331, 337
— Boisées de conifères 218–219, 312–313, 320–323
— Boisées de feuillus 217–218
— Boisées/arbustives (de bosquet) 211–212

Valeurs d'estuaire 384–385

Valeurs de la faune des terres humides 50–51, 92–93, 148–149, 189–192, 227–231, 286, 288–289, 311, 344, 368–369, 384–386, 388–389

Valeurs des terres humides 50–51, 91–93, 148–150, 187–192, 227–233, 287–296, 342, 344, 366–369, 381–398

Valeurs économiques 231–232, 381–398, 406–407

Valeurs éducatives 289, 344, 387–388

Valeurs halieutiques 230–231, 366–369, 388–389

Valeurs récréatives des terres humides 289–290, 344, 387–388, 398